

Roope Kosonen & Roosa Pitkänen

**KÄVELYROBOTIIKKA
NEUROLOGISESSA
FYSIOTERAPIASSA**
Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyö
Sosiaali- ja terveysalan ammattikorkeakoulututkinto
Fysioterapeuttikoulutus

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Roope Kosonen & Roosa Pitkänen	Fysioterapeutti (AMK)	Toukokuu 2020
Opinnäytetyön nimi Kävelyrobotiikka neurologisessa fysioterapiassa Kuvaileva kirjallisuuskatsaus		56 sivua 7 liitesivua
Toimeksiantaja Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu, Fysioterapeutti- ja jalkaterapeuttikoulutus		
Ohjaaja Merja Reunanen & Anne Henttonen		
Tiivistelmä <p>Kävelyharjoittelu on merkittävä osa neurologista fysioterapiaa, ja sitä voi toteuttaa erilaisin keinoin. Perusajatuksena harjoittelussa on tasapainon, lihasvoiman ja koordinaation parantaminen tai ylläpitäminen osana kävelyä. Kävelyrobotiikka on lisääntynyt Suomessa ja otettu käyttöön kävelyharjoittelun välineeksi jo ainakin 10:ssä eri kuntoutuslaitoksessa. Kävelyrobotit mahdollistavat neutraalin ja symmetrisen kävelymallin kuntoutujalla sekä useita toistoja harjoittelun aikana. Laitteilla voidaan suorittaa tehtäväkeskeistä ja yksilöllistä harjoittelua kuntoutujan liikkumiskyvyn mukaan. Ne soveltuvat käytettäväksi muun muassa selkäydinvammaa, aivoverenkiertohäiriötä ja Parkinsonin tautia sairastaville henkilöille.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla, millaisia käyttömahdollisuuksia Suomessa käytössä olevilla kävelyroboteilla on neurologisessa fysioterapiassa kävelyn kuntoutuksessa, ja miten niillä suoritettu harjoittelu eroaa perinteisestä harjoittelumuodosta. Teoreettinen viitekehys sisältää tietoa kävelyn edellytyksistä, robottivusteisen kävelyharjoittelun laitteista sekä neurologisesta fysioterapiasta. Opinnäytetyön tutkimuskysymyksien avulla selvitettiin, millaisia hyötyjä robottivusteisella kävelyharjoittelulla on neurologista sairautta sairastavien kävelyn sekä millä tavoin harjoittelumuoto on mahdollisesti hyödyllisempi perinteiseen harjoittelumuotoon verrattuna. Tarkoituksena oli tuottaa suomenkielinen kuvaileva kirjallisuuskatsaus, jota voidaan hyödyntää oppimateriaalina Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun fysioterapia- ja jalkaterapiaopiskelijoille.</p> <p>Aineistoksi valittiin kymmenen kansainvälistä tutkimusta, joissa tutkimusvälineenä käytettiin joko Lokomat-laitetta tai Eksoskeleton-kävelyrobotia ja kohderyhmänä oli joko selkäydinvammaa, Parkinsonin tautia tai aivoverenkiertohäiriötä sairastavia henkilöitä. Robottivusteisen kävelyharjoittelun havaittiin kehittävän kävelyn liittyviä osa-alueita ja askelparametrejä, kävelyn laatua, päivittäisistä toiminnoista suoriutumista sekä tasapainoa. Harjoittelu vähensi spastisuutta, kävelyn jäätymisepisodeja sekä ataksian oireita. Robottivusteinen kävelyharjoittelun havaittiin olevan turvallinen ja käyttökelpoinen harjoittelumuoto perinteisen harjoittelumuodon lisänä neurologisessa fysioterapiassa. Tutkimustuloksien valossa kävelyharjoittelu robotilla kehitti kävelyn eri osa-alueita arviointimenetelmien mukaan osittain perinteistä kävelyharjoittelua enemmän. Lisäksi sen havaittiin tarjoavan lupaavia mahdollisuuksia kävelyharjoitteluun neurologisessa fysioterapiassa.</p>		
Asiasanat Kävelyrobotiikka, kävelyharjoittelu, neurologinen fysioterapia, kirjallisuuskatsaus		

Author (authors)	Degree	Time
Roope Kosonen & Roosa Pitkänen	Bachelor of Health Care, Physiotherapist	May 2020
Thesis title		
Walking robotics in neurological physiotherapy A narrative literature review		56 pages 7 pages of appendices
Commissioned by		
The education of physiotherapy and podiatry in South-Eastern Finland University of Applied Sciences		
Supervisor		
Merja Reunanen & Anne Henttonen		
Abstract		
<p>Gait training is a significant part of neurological physiotherapy and it can be executed in different ways. The basic idea in training is to improve and maintain balance, muscle strength and coordination as part of gait. Gait training with robot assisted devices has increased in Finland and it has been introduced as a rehabilitation tool already in 10 different rehabilitation centers. Walking robots allow neutral and symmetrical gait cycle for the rehabilitee and produces various repetitions during training. Task-specific and individual training can be performed with walking robots within the abilities of the rehabilitee. Also, they are suitable for people with spinal cord injury, stroke and Parkinson's disease.</p> <p>The objective of this thesis was to discover with a narrative literature review what the potential of walking robots used in Finland is for neurological physiotherapy in gait training and how training performed with walking robot differs from traditional training methods. The theoretical framework contains information about the biomechanics of gait, robot-assisted gait training devices and neurological physiotherapy. The research questions helped to clarify how the gait in people with neurological disease benefits from robot-assisted gait training and if the robot-assisted gait training is more beneficial compared to the traditional form of training. The purpose was to produce a thesis report which can be utilized as study material for physiotherapy students and podiatry students at South-Eastern Finland University of Applied Sciences.</p> <p>The selected literature consisted of ten international studies in which the featured examination instrument was either Lokomat robot or Exoskeleton and the target group were people with either spinal cord injury, Parkinson's disease or stroke. Robot-assisted gait training was found to improve many aspects of gait, performance of daily activities and balance in persons who have spinal cord injury, stroke and Parkinson's disease. The results of gait parameters and the quality of walking improved. Training decreased spasticity, freezing of gait and symptoms of ataxia. Robot-assisted gait training was found to be a safe and feasible form of training in addition to the traditional form of training in neurological physiotherapy. In research results gait training with robot improved partly the aspects of gait more than the traditional form of training and was found to offer promising opportunities for gait training in neurological physiotherapy.</p>		
Keyword		
Walking robotics, gait training, neurological physiotherapy, narrative literature review		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KÄVELYN EDELLYTYKSET	7
2.1	Kävelyn biomekaniikka ja säätely	7
2.2	Askelvaiheiden kuvaus	8
2.3	Askelparametrit.....	14
3	KÄVELYHARJOITTELU OSANA NEUROLOGISTA FYSIOTERAPIAA	15
3.1	Kävelyharjoittelu	16
3.2	Kävelyn haasteet	16
4	ROBOTTIAVUSTEINEN KÄVELYHARJOITTELU.....	17
4.1	Kävelyrobotit.....	18
4.2	Lokomat.....	19
4.3	Indego eksoskeleton.....	21
5	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS	25
6	KUVAILEVAN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS.....	25
6.1	Kuvaileva kirjallisuuskatsaus	25
6.2	Aineiston keruu	26
6.3	Aineiston analysointi	28
7	TULOKSET.....	30
7.1	Tutkimusasetelmat.....	30
7.2	Kävelyn liittyvät hyödyt.....	35
7.3	Robottiaivusteisen ja perinteisen kävelyharjoittelun vertailu	36
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	38
9	POHDINTA	39
9.1	Luotettavuus ja eettisyys	40
9.2	Oma oppimisprosessi	42
9.3	Jatkotutkimusehdotukset	43
	LÄHTEET.....	44

KUVALUETTELO	48
--------------------	----

LIITTEET

Liite 1. Tutkimustaulukko

Liite 2. Aineiston analyysi: Teemoittelu

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kävelyrobotiikkaan ja sen käyttömahdollisuuksiin neurologisessa fysioterapiassa. Kävelytaidon ylläpitäminen on tärkeä ja merkittävä tavoite neurologisten asiakkaiden kuntoutuksessa (Schwartz & Meiner 2015, 1260). Robottivälineinen kävelyharjoittelu mahdollistaa neutraalin ja symmetrisen kävelyn mallin harjoittelun aikana (Mikolajczyk ym. 2018, 3). Kävelyrobotin avulla voidaan tarjota toistuvaa, mitattavaa sekä vertailukelpoista arviointia kävelykuntoutuksessa (Marchal-Crespo & Riener 2018, 228). Kävelyrobotteja on Suomessa tällä hetkellä ainakin 10 eri kuntoutuslaitoksissa (Toivomäki 2019).

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla, millaisia käyttömahdollisuuksia Suomessa käytössä olevilla kävelyrobotteilla on fysioterapiassa neurologisilla kuntoutujilla kävelyn harjoittamiseen ja miten niillä suoritettu harjoittelu eroaa perinteisestä harjoittelumuodosta. Työn tarkoituksena oli luoda helposti ja selkeästi luettava suomenkielinen kuvaileva kirjallisuuskatsaus oppimateriaaliksi fysioterapian ja jalkaterapian opiskelijoille. Työn teoreettinen viitekehys koostuu kävelyn biomekaniikasta ja kävelyn vaatimuksista, erilaisista kävelyrobotiikkalaitteista sekä neurologisesta fysioterapiasta.

Neurologisesta sairaudesta huolimatta kävelyharjoittelun tavoite on useimmiten ylläpitää tai saavuttaa asiakkaan parhain mahdollinen kävelykyky. Työn aihe on rajattu yleisesti neurologiseen fysioterapiaan, jotta se palvelisi parhaiten toimeksiantajamme toiveita. Yleisimpiä neurologisia sairauksia on mainittu työssä. Toimeksiantajamme on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (XAMK) fysioterapeuttikoulutus. Opinnäytetyötä voivat hyödyntää myös jalkaterapian opiskelijat. (XAMK s.a.).

Opinnäytetyön aihe käsittelee ajankohtaisesti uusinta kuntoutusteknologiaa. Teknologiaosaaminen on osa fysioterapeutin ydinosaamista. Fysioterapeutti pyrkii teknologiaa hyödyntäen tukemaan kuntoutujan itsenäistä toimimista sekä osallisuutta. Kävelyrobotiikkaa hyödynnetään osana fysioterapeutin kuntoutuksen toteutusta. (Suomen fysioterapeutit 2016.)

2 KÄVELYN EDELLYTYKSET

Kävelyn toteutumiseen vaikuttavat monet eri tekijät, kuten kävelyä säätelevät monimutkaiset hermostolliset mekanismit, kognitiiviset toiminnot ja ympäristön asettamat haasteet. Kävely koostuu kolmesta perusedellytyksestä. Peruskävelyliikkeiden tulisi tuottaa etenevää liikettä haluttuun suuntaan (*eng. progression requirement*). Toiseksi kehon stabiliteetti tulisi pystyä ylläpitämään (*eng. stability requirement*). Kolmanneksi yksilön täytyy pystyä mukautumaan ympäristön asettamiin vaatimuksiin ja omiin tavoitteisiin. (Sandström & Ahonen 2011, 289.)

Toisaalta Levine ym. (2012) edellyttää kirjassaan neljää asiaa, joiden täytyy toteutua, jotta ihminen voi tuottaa kävelyä. Ensimmäiseksi kummankin jalan pitää pystyä kantamaan kehon painoa vuorollaan. Tasapainoa pitää pystyä ylläpitämään, joko staattisesti tai liikkeessä yhden jalan tukivaiheessa. Heilahtavan jalan pitää pystyä pääsemään asentoon, jossa se on valmiina ottamaan tukijalan roolin. Neljänneksi kehon pitää pystyä tuottamaan riittävästi voimaa tuottaakseen alaraajojen ja kehon liikettä. (Levine ym. 2012.)

Pystyasento vaatii sekä voimaa että tahtoa pitää asentoa ylläpitävät lihakset aktiivisina. Pystyasento jakaa kehon symmetrisesti kahteen puoliskoon ja tämän symmetrian hallinta on edellytys perusliikkumiselle. Tämän lisäksi olisi hallittava myös epäsymmetriset asennot. (Liukkonen & Saarikoski, 2011)

Seuraavat luvut tarkastelevat kävelyn vaatimuksia, säätelyä ja kävelysyklin vaiheita. Luvut alustavat työssä myöhemmin käsiteltävää robottiaivusteista kävelyharjoittelua.

2.1 Kävelyn biomekaniikka ja säätely

Biomekaniikka on tieteenala, joka tutkii elävien voimien vaikutuksen alaisena olevien elinjärjestelmien, mikro- ja makrokappaleiden sekä kudoksien fysiikkaa. Biomekaniikan pääasiallisia tutkimusalueita ovat elävän yksilön toiminnan ja rakenteiden tarkastelua mekaniikan lähtökohdista. Keskeisiä sisältöjä ovat liikkeen neuraalisen säätelyn kuvaaminen ja hermo-lihastoiminnan tarkastelu. Lisäksi se integroi fysiologian ja anatomian ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi

mittalaitteilla tehtyjen havaintojen sekä tulosten perusteella. Tutkimuskoh-
teesta esimerkkinä voidaan pitää alaraajojen lihasten aktivoitumisjärjestyksien
tutkimista askelluksen aikana. Biomekaanisia muuttujia arvioidaan fysioterapi-
assa päivittäin fyysisten suorituskykymittausten ja erilaisten liikehoitojen yh-
teydessä. (Kauranen & Nurkka 2010, 9–11.)

Aivorungossa ja selkäytimessä sijaitseva säätelymekanismi, jota kutsutaan
myös liikemallien keskusgeneraattoriksi, mahdollistaa kävelyn. Keskus-
generaattori ohjaa koordinoitusti hermoimpulsseja lihaksiin ja edelleen nivelten
liikkeeksi. Kävellessä lihakset, jalkojen iho ja nivelet antavat jatkuvasti pa-
lautetta, jonka mukaan ihminen pystyy säätelemään kävelyä tarpeen mukaan.
(Levine ym. 2012, 19.)

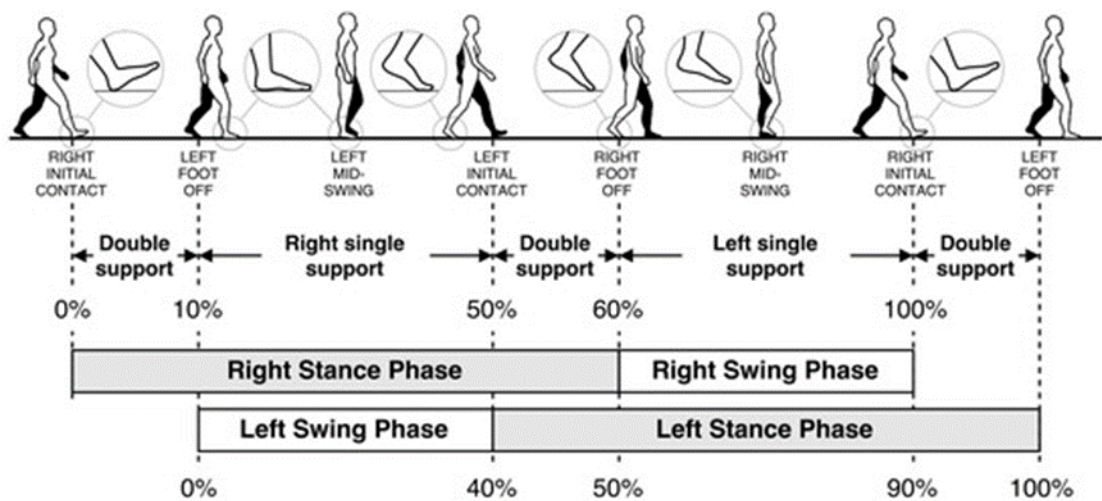
2.2 Askelvaiheiden kuvaus

Kävely (*eng. gait*) jaetaan kahdeksaan eri vaiheeseen, joista kukin vaihe vie
oman prosentuaalisen osan. Vaiheet ovat alkukontakti-, kuormitusvaste-, kes-
kituki-, päätöstuki-, esiheilahdus-, alkuheilahdus-, keskiheilahdus- ja loppuhei-
lahdusvaihe. Yksi askelsykli (100 %) sisältää kaikki nämä kahdeksan eri vai-
hetta. Askelsykli sisältää askelparin eli yksi askel molemmilla jaloilla. Näitä kä-
velyn eri vaihteita voidaan käyttää vertailukohteina analysoitaessa eri ihmisten
askelsykliä. (Sandström & Ahonen 2011, 297.) Raajojen ja vartalon lihasten
oikea-aikainen aktivaatio ja yhteistyö mahdollistavat tehokkaan ja ongelmatto-
man kävelyn (Kauranen & Nurkka 2010, 381–382). Lisäksi tasapaino-, näkö-
ja kuuloaistin tuottamien tietojen käsittely ja yhdistäminen proprioseptiikan tie-
tojen kanssa mahdollistavat tehokkaan kävelyn tuottamisen (Sandström &
Ahonen 2011, 289).

Normaalinopeudella tapahtuva kävely on erittäin taloudellista energian kulu-
tuksen suhteen. Painopiste pysyy lähes paikallaan ja eteenpäin suuntautuva
liike tapahtuu suurimmilta osilta inertian sekä painovoiman vaikutuksen avulla.
Lihastyö on eksentristä, jota tapahtuu iskunvaimennuksen aikana. Voimak-
kaasti konsentrista lihastyötä kävelyn aikana tekee kaksoiskantalihas (m.
gastrocnemius), joka ponnistaa 70 - 80 %:n teholla normaalissa kävelyvauh-
dissa. Yhden kokonaisen (100 %) syklin aikana yksittäiset lihakset työskente-

levät 10 - 30 %:n osuuden. (Sandström & Ahonen 2011, 295.) Alaraajojen liikkeisiin normaalissa kävelyssä liittyy oheistoimintoja muualla kehossa, kuten syvän vatsalihaksen aktivaatio ja lantion sekä rintarangan välinen kierto liike. Syvän vatsalihaksen toiminta vakauttaa lantiota, mikä helpottaa lonkkanivelen lihasten toimintaa. (Liukkonen & Saarikoski 2011.)

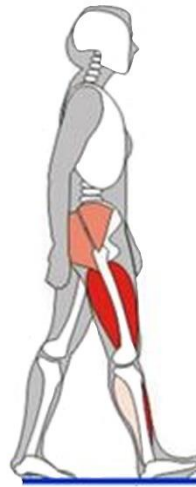
Askelsykli muodostuu heilahdus- ja tukivaiheesta, jotka jaetaan edelleen kahdeksaan eri vaiheeseen. Näistä tukivaiheen (*eng. stance phase*) osuus on 60 % ja heilahdusvaiheen (*eng. swing phase*) 40 % (kuva 1).



Kuva 1. Kävelyn vaiheet (Tunca ym. 2017.)

Alkukontaktivaiheesta (*eng. initial contact*) (kuva 2) käytetään myös termiä kantaiskuvaihe, mutta tämä nimitys saattaa johdattaa lukijaa ajattelemaan kannan kovan iskun tärkeydestä alustaan. Sittemmin on siirrytty käyttämään termiä alkukontaktivaihe, joka kuvailee jalan ensikosketuksen luonnetta ja sen aikana tapahtuvia liikkeitä paremmin. Askeltyylistä riippuen, alkukontakti saattaa tapahtua esimerkiksi enemmän päkiällä tai hemiplegiasta kärsivillä jalkaterän ulkosyrjällä. Alkukontakti on vain noin kaksi prosenttia askelsyklistä. Tällöin kävelijä kannattelee kehoa hyvin ja paino jakautuu molemmille ajaraajoille. Käsien etäisyys toisistaan on suurimmillaan alkukontaktivaiheessa. Rintakehässä tulisi näkyä kiertoa samassa rytmissä käsivarsien kanssa. (Sandström & Ahonen 2011, 297–298.) Alkukontaktivaiheen aloittavan raajan lonkkanivelessä on n. 30°:n fleksio ja painon siirtyminen lonkkanivelelle on alkanut. Polvinivel on alkukontaktivaiheessa lähes suorana, mutta koukistuu nopeasti painon siirtyessä raajalle. (Kauranen & Nurkka 2010, 383.)

Merkittävin lihastyö tapahtuu hamstring-lihaksissa, jotka pysäyttävät polven yliojennuksen ja säären eteen heilahduksen. Lisäksi hamstring-lihakset, iso pakaralihas (m. gluteus maximus) ja iso lähentäjälihas (m. adductor magnus) aktivoituvat painaen jalkaterän alustalle. Peitekalvon jännittäjälihas (tensor fascia latae) avustaa ison pakaralihaksen kanssa polven ojennusta. Lonkan ekstensio valmistaa painopisteen siirtymistä alaraajan päälle. (Sandström & Ahonen 2011, 299.) Nilkkanivel on 90°:n dorsifleksiossa ja hieman kääntyneenä inversioon nilkan fleksoreiden (m. tibialis anterior ja m. extensor hallucis longus) voimakkaasti aktivoituessa (Kauranen & Nurkka 2010, 383).



Kuva 2. Alkukontakti (Winfred, B. s.a.)

Kuormitusvastevaihe (eng. *loading response*) (kuva 3) on sulavaa jatkumoa edellisestä vaiheesta. Vaihe on n. 0 - 10 % koko askelsyklistä. Tämä vaihe on tärkeä iskunvaimennuksen kannalta, jolloin kehon joustomekanismit ovat käytössä. Massakeskipiste liikkuu alustalle osuvaa raajaa pitkin kiihtyvällä nopeudella, jolloin raajan tulisi olla linjassa kehon kanssa. Muuten syntyy kävelynopeutta hidastavia sekä nivelistöä turhaan kuormittavia voimia. Polvi koukistuu noin 10° - 15°, nilkan dorsifleksion kasvaessa samanaikaisesti. (Sandström & Ahonen 2011, 300–301.)

Merkittävän lihastyön tekevät lonkan loitontajat etummaisesta jalan puolella (m. gluteus maximus, -medius, -minius, m. tensor fascia latae ja m. piriformis). Nämä lihakset aloittavat eksentrisen lihastyön ja estävät lonkan lähennys-suuntaisen liikkeen sekä pitävät massakeskipisteen tukijalan päällä. Vaihe loppuu, kun taaempi jalkaterä irtaantuu alustalta ja alkaa yhden alaraajan keskittävää vaihetta. (Sandström & Ahonen 2011, 300–301.)



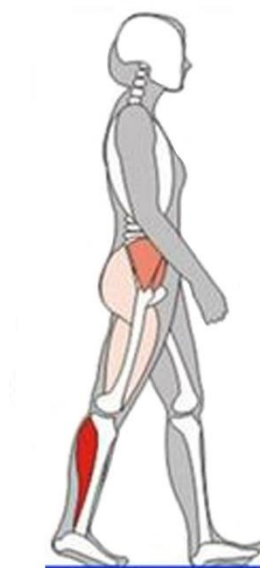
Kuva 3. Kuormitusvastevaihe (Winfred, B. s.a.)

Keskitukivaihe (*eng. midstance*) (kuva 4) tapahtuu yhden raajan varassa. Vaihe on kestoaltaan n. 10 - 30 % koko syklistä. Alustalle astunut jalkaterä pysyy paikallaan ja liike jatkuu eteenpäin tukijalan nilkkakeinin yli. Tasapainon kannalta keskitukivaihe ja sitä seuraava päätöstukivaihe ovat haastavimpia, sillä molemmat ovat yhden raajan varassa tapahtuvia vaiheita. Merkittävimpiä tapahtumia keskitukivaiheessa on vartalon rotaation suunnan vaihto ja tukijalan polven liikkeen kontrollointi. Hamstring-lihakset ja quadriceps-lihakset estävät polven yliojennuksen ja lonkan loitontajat pitävät lonkan stabiilina. (Sandström & Ahonen 2011, 301–303.)



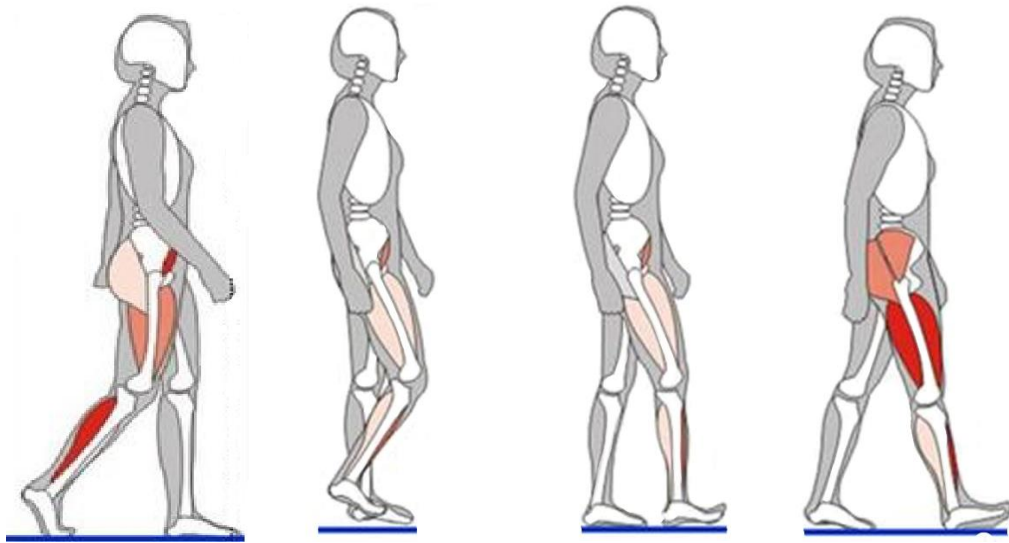
Kuva 4. Keskitukivaihe (Winfred, B. s.a.)

Päätöstukivaiheen (*eng. terminal stance, heel off*) (kuva 5) alussa kantapää nousee alustalta passiivisesti. Päätöstukivaihe loppuu pohjelihaksen tuottamaan ponnistukseen. Vaihe on koko syklistä 30 - 50 %. Alustalla oleva jalkaterä on tässä vaiheessa jäänyt taaemmaksi ja lonkassa tapahtuu selkeää ojentumisen. Massakeskipiste on siirtynyt jalkaterän etuosalle ja paino on koko päkiällä. Lopulta tulee aktiivinen ponnistus (kuva 5), jolloin kaksoiskantalihas (m. gastrocnemius) tekee konsentrista lihastyötä ojentaen nilkan. Lisäksi varpaat kääntyvät ojennukseen. Paino siirtyy vastakkaiselle alaraajalle. (Sandström & Ahonen 2011, 303–305.) Kävelyn eteenpäin viemä voima on kovimmillaan päätöstukivaiheessa (Kauranen & Nurkka 2010, 384).



Kuva 5. Päätöstukivaihe (Winfred, B. s.a.)

Heilahdusvaiheet jakautuvat tarkemmin neljään eri vaiheeseen (kuva 6). Esiheilahdusvaiheessa (*eng. pre-swing*) polvi ohjaa reisiluun liikettä, sen aloittaessa heilahduksen eteenpäin. Heilahtavan jalkaterän varpaat ovat vielä kontaktissa alustaan ja liike rullaa päkiän yli. Esiheilahdusvaiheen päättyessä alkaa alaraajan vapaa heilahdus eli alkuheilahdusvaihe (*eng. initial swing*). Tässä vaiheessa jalkaterä irtaantuu alustalta ja raaja heilahtaa eteen omalla liike-energialla. Kun eteen heilahtava raaja ohittaa tukijalan, alkaa keskiheilahdusvaihe (*eng. mid-swing*). Vaihe päättyy, kun sääri on pystysuorassa. Tämän jälkeen alkaa loppuheilahdusvaihe (*eng. terminal swing*), jolloin nelipäinen reisilihas (m. quadriceps femoris) alkaa supistua ja polvi ojentuu suoraksi. Askel-sykli päättyy, kun eteen heilahtaneen alaraajan jalkaterä osuu alustalle. (Sandström & Ahonen 2011, 306–308.)



Kuva 6. Esiheilahdus-, alkuheilahdus-, keskiheilahdus- ja loppuheilahdusvaihe (Winfred, B. s.a.)

Lihasten aktivoituminen kävelyn aikana vaihtelee eri muuttujien mukaan. Merkittävin muuttuja on itse kävelijä yksilönä. Normaalin askelluksen voi saavuttaa lihasten monella erilaisella aktivoitumisyhdistelmällä. Muita huomioitavia muuttujia ovat lihasten väsyminen kävelyn aikana sekä kävelynopeuden vaihtelut. (Levine ym. 2012.) (Kuva 7)

CLASSIC GAIT TERMINOLOGY:	Heel Strike	Foot Flat	Midstance	Heel Off	Toe-Off	Acceleration	Midswing	Deceleration
Rancho Los Amigos Terms	INITIAL CONTACT	LOADING RESPONSE	MID STANCE	TERMINAL STANCE	PRE-SWING	INITIAL SWING	MID SWING	TERMINAL SWING
NEW TERMINOLOGY	STANCE PHASE 60%					SWING PHASE 40%		
% OF TOTAL PHASE	0-2%	0-10%	10-30%	30-50%	50-60%	60-73%	73-87%	87-100%
ILIOPSOAS	inactive	inactive	inactive	concentric	concentric	concentric	concentric	inactive
GLUTEUS MAXIMUS	eccentric	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive
GLUTEUS MEDIUS	eccentric	eccentric	eccentric	eccentric	inactive	inactive	inactive	inactive
HAMSTRINGS	eccentric	eccentric	inactive	inactive	inactive	eccentric	eccentric	eccentric
QUADRICEPS	eccentric	eccentric	inactive	inactive	eccentric	eccentric	inactive	inactive
PRETIBIAL MUSCLES	eccentric	eccentric	inactive	inactive	inactive	concentric	concentric	concentric
CALF MUSCLES	inactive	inactive	eccentric	concentric	concentric	inactive	inactive	inactive

KEY:

INACTIVE	CONCENTRIC	ECCENTRIC
----------	------------	-----------

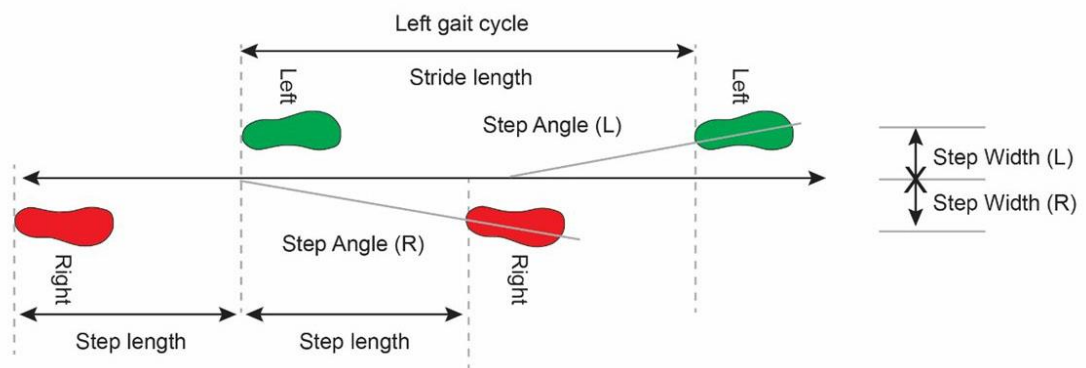
Kuva 7. Askelvaiheiden aikana aktivoituvat lihakset (Karadsheh 2017.)

Yksilöiden välillä lihasaktivaatioiden vaihtelu voi olla suurta, jolloin kuvassa 7 voi olla vaihtelua aktiivisten lihasten määrässä. Levine ym. (2012) mainitsee

kirjassaan lihasjärjestelmän kyvystä, joka mahdollistaa toimimattoman lihaksen työn tekemistä yhdistelmällä muita ympärillä olevia lihaksia.

2.3 Askelparametrit

Kävelyä voidaan kuvata erilaisilla parametreillä (kuva 8), jotka mittaavat askelusta ajan ja matkan avulla. Tavallisimpia parametrejä ovat askelpituus (*eng. step length*), askelparin pituus (*eng. stride length*) sekä askeltiheys ja nopeus. Askelten piirteitä voidaan kuvata jalkaterän kulmalla kävelyn suuntaisesti (*eng. foot angle*) ja askelten välisellä leveydellä (*eng. step width*). (Kulmala 2008.) Askelparin pituus mitataan saman jalan peräkkäisistä askelistä. Askelpituus sen sijaan mitataan vasemman ja oikean jalan kantapäiden etäisyydestä. (Levine ym. 2012.)



Kuva 8. Askelpituus, askelparin pituus, askelleveys ja askelkulma. (Tekscan s.a.)

Kävelynopeus lasketaan askelpituuden ja askeltiheyden avulla alla olevan kaavan mukaisesti (Levine ym. 2012):

$$\text{Kävelynopeus} \left(\frac{m}{s} \right) = \text{Askelpituus} (m) \cdot \text{Askeltiheys} (\text{askelia} \frac{\text{minuutissa}}{120s})$$

Kävelynopeuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten esimerkiksi sama kävelynopeus on mahdollista saavuttaa erilaisilla yhdistelmillä askeltiheydestä ja askelen pituudesta. Muutos kävelynopeudessa vaikuttaa useimpiin mitattaviin parametreihin, jolloin sen huomioiminen tutkimuksissa on tarpeellista. (Kulmala 2008.) Askelpituuteen vaikuttaa merkittävästi heilahdusvaiheen pituus. Heilahdusvaiheessa oleva jalkaterä saattaa ennenaikaisesti maahan osuessaan

keskeyttää käynnissä olevan vaiheen, jolloin askelpituus lyhenee ja kävelynopeus hidastuu. Esimerkiksi henkilö, jonka kipeytynyt alaraaja ei kestä kävelyn tukivaihetta, lyhentää terveen raajan heilahdusvaiheen kestoa saadakseen paremman alaraajan jalkaterän aikaisemmin alustalle. Tällöin sekä heilahdusvaiheen kesto että askelpituus lyhenevät.

Luonnollinen kävelynopeus 18 - 49 -vuotiailla miehillä on keskimäärin 1,10 - 1,82 m/s, askelparin pituus 1,25 - 1,85 m ja askeltiheys 91 - 135 ask. /min. Vastaavat muuttujat saman ikäisillä naisilla ovat 0,94 – 1,66 m/s, 1,06 – 1,58 m ja 98 – 138 ask. /min. Askelsyklin kesto 18 - 49 -vuotiailla miehillä 0,89 – 1,32 s ja naisilla 0,87 – 1,22 s. (Levine ym. 2012). Kun kävelynopeus kiihtyy yli 2m/s, kävely muuttuu juoksuksi. Tällöin kävelylle tavallinen vaihe, kuten kaksoistukivaihe poistuu ja tilalle tulee juoksulle tyypillinen jalkojen yhtäaikainen lentovaihe. (Kulmala 2008.)

3 KÄVELYHARJOITTELU OSANA NEUROLOGISTA FYSIOTERAPIAA

Neurologisen fysioterapian tavoitteena on vamman tason ja -asteen mukaan tukea kuntoutujan mahdollisimman itsenäistä liikkumista ja siirtymisiä apuvälineillä sekä osallistumista päivittäisiin toimintoihin kotona ja muussa ympäristössä (Vainionpää ym. 2017, 13). Neurologinen kuntoutus sisältää sairauden tai vamman mukaan kivunhallinnan menetelmiä, lihasvoima- ja liikkuvuusharjoitteita, pehmytkudoskäsittelyä, sekä apuvälineiden käytön ohjausta (Stokes 2004, 393; Soinila ym. 2006, 602).

Neurologisen kuntoutuksen kannalta on tärkeää tietämys motorisesta uudelleen oppimisesta sekä aivojen neuroplastisuudesta, sillä neurologinen kuntoutus perustuu tähän periaatteeseen. Aivojen plastisuus eli muovautuvuus tarkoittaa aivojen hermoverkkoyhteyksien kapasiteettia mukautua toiminnan mukaan ja siten myös järjestäytyä uudelleen. Hermoyhteydet, jotka ovat käytössä vahvistuvat harjoittelun mukaan. Terapiassa tulee mahdollistaa toiminnallinen sekä virikkeellinen ympäristö ja sen tulisi olla toistettavaa ja intensiivistä tehtäväkeskeistä harjoittelua. (Carr & Shepherd 2010, 3–5.)

3.1 Kävelyharjoittelu

Mikolajczyk ym. kuvaa (2018, 2) kävelyharjoittelun keskittyvän joko kävelyn liikkeiden uudelleenoppimiseen tai kävelyn askelsyklin harjoitteluun. Perusajatuksena kävelykuntoutuksessa on parantaa lihasvoimaa, tasapainoa sekä koordinaatiota (Stokes 2004, 393; Soinila ym. 2006, 602). Kävelyharjoittelun muotoja ovat robottiavusteinen kävelyharjoittelu, avustettu kävelymattoharjoittelu tai perinteinen terapeutin ohjaama kävelyharjoittelu (Järviö 2020).

Perinteinen kävelyharjoittelu sisältää maatasossa tapahtuvaa kävelyharjoittelua terapeutin ja apuvälineen tukena, lihasvoimaharjoittelua sekä liikkuvuusharjoittelua (Mikolajczyk ym. 2018, 2–4). Kävelymatolla suoritettuun harjoitteluun voidaan lisätä painokevennys. Painokevennetyllä kävelymatolla tapahtuva harjoittelu mahdollistaa aikaisen perehdyttämisen kävelyharjoitteluun, sopeuttamisen painoa varaaviin aktiviteetteihin, askelluksen sekä tasapainon harjoittelun hyödyntäen tehtäväkeskeistä harjoittelua. (Schwartz & Meiner 2015, 1264.)

Allasterapiaa voidaan hyödyntää kävelyn kuntoutuksessa (Stokes 2004, 403). Nilkka- ja polvitukia voidaan käyttää lievemmissä kävelyn ongelmassa asennon tukemisessa. Sähköärsytyshoitoja ja kinesioteippausta käytetään kävelyssä käytettävien lihasten aktivoimiseksi. Terapeutin ohjaus ja visuaalinen palaute ovat tärkeä osa kuntoutusta. (Järviö 2020.)

3.2 Kävelyn haasteet

Tyypillisesti neurologisesta sairaudesta aiheutuu sairauden mukaan halvaus, liike-, puhe- ja hahmottamishäiriöitä sekä persoonallisuuteen ja tunne-elämään liittyviä muutoksia (Soinila ym. 2006, 602). Kävelyyn liittyviä vaikeuksia voi esiintyä muun muassa henkilöillä, joilla on aivoverenkiertohäiriö, traumaattinen aivovamma, selkäydinvamma, Parkinson tauti tai MS-tauti. Kävelyyn liittyvät häiriöt ja ongelmat ovat yhteydessä kuntoutujan kykyyn suorittaa päivittäisiä toimintoja. Fysiologisesta kävelymallista poikkeava kävely neurologisella kuntoutujalla vaatii enemmän energiaa ja kävely on epävakaa aiheuttaen kaatumisriskin. Kuntoutujalla, jolla esiintyy kävelyvaikeuksia, esiintyy myös lihasvoiman heikkoutta ja lihasepätasapainoa. (Mikolajczyk ym. 2018, 2–4.)

Selkäydinvammaan tai aivovammaan sairastuneella esiintyy monia neurologisia ja toiminnallisia esteitä, suurimpina esiintyy kävelyyn liittyviä häiriötekijöitä ja vammat aiheuttavat merkittävää kävelykyvyn heikentymistä. (Schwartz & Meiner 2015, 1264; Marchal-Crespo & Riener 2018, 227.) Kävelyn jähmettyminen on yleinen Parkinson taudin oire ja yleistä ovat myös laahustavat askeleet ja kävelyssä on vähän tai ei jopa ollenkaan alkukontaktivaihetta. Muita yleisimpiä kävelyyn liittyviä oireita ovat hidastunut kävelyvauhti, lyhyt askelpituus, askeleiden tihentyminen, kääntymisen vaikeudet sekä käsien liikkeiden vähentyminen. (Lennon ym. 2018, 28 & 45.) Jossakin neurologisessa sairaudessa, kuten aivoverenkiertohäiriössä, kävelystä saattaa tulla epäsymmetristä (Soinila ym. 2006, 456). Muita liikkumisen häiriöitä ovat ataksia eli kömpelyys ja tasapainohäiriö -oireet kävellessä tai spastisuus eli raajojen jäykkyys (Stokes 2004, 48, 55).

4 ROBOTTIAVUSTEINEN KÄVELYHARJOITTELU

Robottiavusteisen kävelyharjoittelun laitteet kehitettiin mahdollistamaan painokevennettyharjoittelu ilman, että terapeutin tarvitsee manuaalisesti tukea kuntoutujaa kävellessä (Mikolajczyk ym. 2018, 3). Kuntoutushoito robottilaitteiden kanssa on lisääntynyt, koska sillä voidaan tarjota kustannustehokasta kuntoutusta. Robottiavusteisen kävelyharjoittelun suurin hyöty on sen mahdollisuudet lisätä harjoittelun tehoa turvallisessa ympäristössä. Kävelyrobotti suorittaa kävelyyn tarvittavan liikkeen alaraajoissa joko osittain tai täysin avustettuna. (Marchal-Crespo & Riener 2018, 228.) Kuntoutuskäytössä robotiikan on tutkittu olevan turvallinen ja hyödyllinen ratkaisu neurologista sairautta kärsivän asiakkaan kanssa. (Alho ym. 2018, 13.)

Robotin avulla yksi terapeutti saattaa pystyä harjoittamaan kahta tai useampaa kuntoutujaa saman aikaisesti. Perinteiseen kävelyharjoitteluun tarvitaan vähintään kaksi terapeuttia, jotta harjoittelu on turvallista. (Marchal-Crespo & Riener 2018, 228.) Perinteisen harjoittelun aikana terapeutit saattavat joutua työskentelemään epäergonomisessa asennossa, jotta he pystyvät tukemaan kuntoutujaa. (Nordic Health Care Group 2019, 31.)

4.1 Kävelyrobotit

Kävelyrobotit ovat yksi luokka kuntoutusroboteista (Alho ym. 2018, 13). Kuntoutusrobotit ovat osana vammautumisen tai operaation jälkeisessä kuntoutuksessa, tuottaen menetetyn ruumiintoiminnon korvattua liikettä tai toimintoa. Kuntoutusrobottien tarkoituksena on tehostaa henkilön fyysisen toimintakyvyn paranemista yksilöllisten tarpeiden mukaan luoduilla harjoitteilla. Tyypillinen robottivälineinen kävelyharjoittelu sisältää 1 - 3 kertaa harjoittelua viikossa 1 - 2 tuntia. (Moreno ym. 2018, 90).

Kävelyharjoittelua avustavia robotteja ovat paikkaan sidottu, kävelymatosta tai kokonaisuudesta kuntoutuslaitteistosta koostuva kävelyrobotti (*Lokomat, Robogait, Anklebot*) tai päälle puettava ulkoinen tukiranka eksoskeleton (*Indego, HAL, ReWalk*) (Alho ym. 2018, 13; Marinov 2016). Edellisten lisäksi käytössä ovat myös nk. end-effector –laitteet ja siirrettävä robottijärjestelmä (Marchal-Crespo & Riener 2018, 228) (taulukko 1).

Taulukko 1. Kävelyharjoittelussa käytettävät robotit ja niiden ominaisuudet mukaillen Marchal-Crespon & Rienerin (2018, 228) sekä Alho ym. (2018, 13) teoksia.

Robotti	Järjestelmä	Ominaisuudet
Kävelyrobotit/eksoskeleton robottilaite	Lokomat, Robot Gait, Anklebot, Reoambulator	<ul style="list-style-type: none"> • juoksumaton ja tukirakenteiden muodostama laitteisto tai päälle puettava eksoskeleton • robotti kiinnittyy kuntoutujaan useammasta kohtaa • ei vaadi käyttäjältä aktiivista osallistumista liikkeen tuottamisessa
Eksoskeletonit alaraajoille	Indego, HAL, ReWalk	<ul style="list-style-type: none"> • voi käyttää maatasossa erilaisissa ympäristöissä • päälle puettava robotti, varustettu teknologialla ja moottoroituilla nivelillä • kiinnitetään nivelillä useammasta kohdasta kuntoutujaan • vaatii käyttäjältä aktiivista osallistumista liikkeen tuottoon
End-Effector robottilaite	Gait trainer, The Haptic Walker, The G-EO robot (kuva 3)	<ul style="list-style-type: none"> • kuntoutujan jalat asetetaan polkimille, joiden liikerata jäljittelee normaalia askelsykliä • kuntoutuja on vuorovaikutuksessa robottiin vain jalkapolkimien kautta • painonkevennysjärjestelmä
Siirrettävä robottijärjestelmä	KineAssist, Andago (kuva 3), The FLOAT	<ul style="list-style-type: none"> • mahdollistaa kävelyn eteenpäin, kierto- ja väistöliikkeet sekä toiminnallisen harjoittelun • kuntoutuja puetaan valjaisiin, joka on yhdistetty köysillä laitteen runkoon • painonkevennysjärjestelmä • robotisoitu liikkeenohjaus

Laitteet mahdollistavat asiakkaan neutraalin askellustyylin kävelyharjoittelussa, joka vahvistaa ja ylläpitää oikeanlaisen kävelyn hermoratoja aivoissa. (Alho ym. 2018, 13.) Robottivälineeseen kävelyharjoitteluun voidaan sisällyttää muuta teknologiaa, kuten virtuaalitodellisuus ja aivokäyttöliittymät, joilla voidaan lisätä kuntoutujan motivaatiota osallistumiseen (Marchal-Crespon & Rienerin 2018, 228).

Käsitlemme tässä työssä tarkemmin vain Lokomat-kävelyrobottia ja Indego eksoskeleton-laitetta, sillä niitä käytetään Suomessa kävelyn kuntoutuksessa.

4.2 Lokomat

Lokomat (Hocoma) on ensimmäinen kehitetty kuntoutusrobotti, joka avustaa kävelyliikettä kävelymatolla (Marchal-Crespon & Riener 2018, 229). Laite tarjoaa tuetumman ja turvallisemman ympäristön kuntoutukselle, jolloin kuntoutusta on mahdollista tarjota myös enemmän tukea tarvitsevalle kuntoutujalle. (Husemann ym. 2007, 349–250.) Lokomat-terapiaa voidaan käyttää kuntoutuskeinona halvaus- ja aivovammakuntoutujille, erilaisia neurologisia sairauksia sairastaville, selkäydinvammaisille sekä tuki- ja liikuntaelimestön ongelmista kärsiville. (Poukanville 2014a.) Laitteeseen on saatavilla pediatriiset ortoosit lisävarusteina, jolloin sitä voidaan myös käyttää lasten kuntoutuksessa (Marchal-Crespon & Riener 2018, 229). Suomessa laitteita on käytössä 9 (Verve 2019).

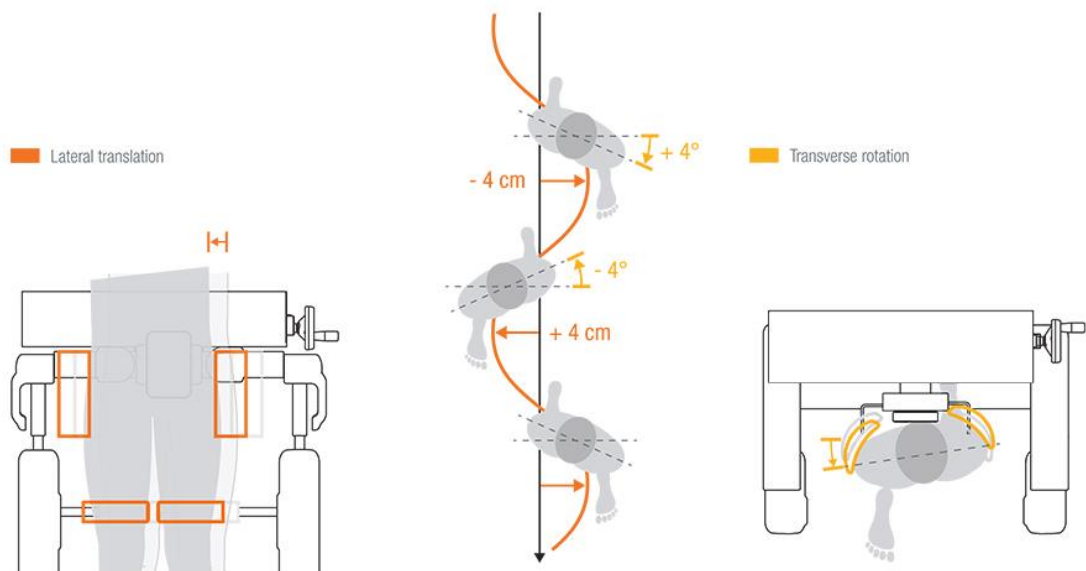
Lokomat koostuu laitteesta, jossa on robotisoidut säädettävät kävelyortoosit, dynaaminen painokevennysjärjestelmä, kävelymatto sekä ohjausyksikkö (Hocoma s.a., 4). (kuva 9)



Kuva 9. Lokomat-kävelyrobotti (OKKS 2019.)

Kuntoutuja puetaan valjaisiin ja alaraajat asetetaan kävelyortooseihin. Laite tarjoaa yksinkertaistetun ympäristön asennonhallinnan, työntövoiman, koordinaation, askelluksen sekä kävelynopeuden harjoittamiseen. Harjoittelu vastaa motorisen oppimisen periaatetta, sillä Lokomatin tuottama liike on lähellä haluttua liikemallia eli kävelyä. (Husemann ym. 2007, 349-250.) Ohjausyksiköltä eli tietokoneelta voidaan määrittää kuntoutujan askelpituutta sekä nivelten kulmia. Harjoittelun aikaan voidaan esimerkiksi määrittää, paljonko lonkissa tapahtuu ojennusta tai tukivaiheen kestoa ennen heilahdusvaihetta askelsyklissä. (Hocoma s.a., 8.)

Laitteessa on FreeD-toiminto, joka mahdollistaa lantion kierron 4° (*eng. transverse rotation*), painonsiirron 4 cm lateraalisesti sekä ylävartalon aktiivisuuden kävelyyn tuoden luonnollisuutta robotisoituun kuntoutukseen (Hocoma s.a., 8). FreeD-toiminnon avulla kuntoutuja pystyy siirtämään painonsa tukijalan vaaraan, aktivoimaan keskivartalolihaksensa sekä harjoittamaan tasapainoa. (Hocoma 2020.) Lonkka- ja polvinivelille kohdistuu jatkuvaa sagittaalitasoa tukea, joka mahdollistaa symmetrisen vastavuoroisen askelluksen (Hornby ym. 2008). (kuva 10)

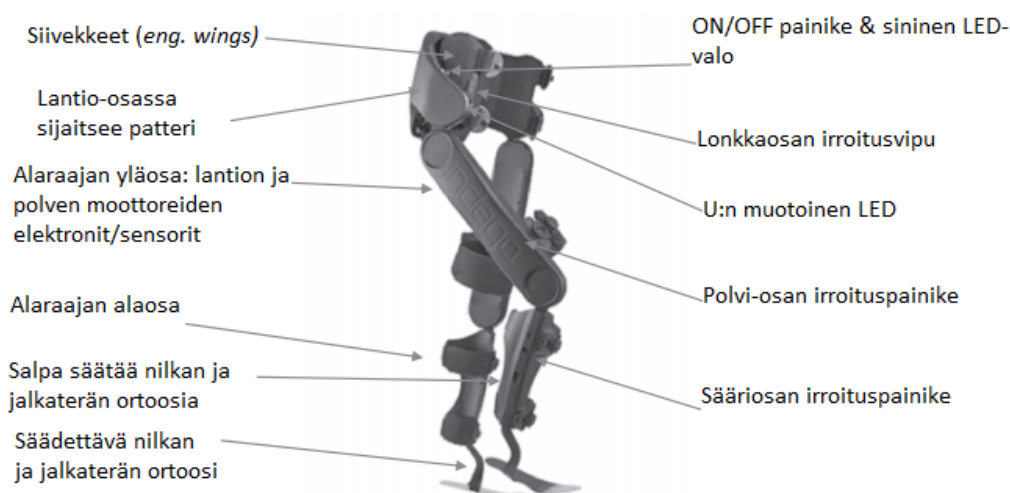


Kuva 10. FreeD-toiminnon ominaisuuksia on lantion kierto sekä painonsiirto lateraalisesti (Hocoma 2020.)

Lokomatilla voidaan suorittaa tehtäväkeskeistä harjoittelua ja kuntoutusta. Ohjausvoimaa, painokevennystä sekä askelnopeutta voidaan säätää kuntoutuja-kohtaisesti. Kuntoutuksen edetessä robottiohjausta on mahdollista keventää tai kohdentaa esimerkiksi halvaantuneelle alaraajalle. Laitteen Augmented Performance Feedback ja sen pelijärjestelmän avulla kuntoutuja voi seurata kävelynsä kehittymistä ja tehdä monipuolisesti erilaisia harjoitteita. Fysiologinen kävelyn malli saavutetaan säädettävillä kävelyortooseilla. (Hocoma s.a., 4; Hocoma 2020.)

4.3 Indego eksoskeleton

Eksoskeleton (Indego) on robotisoitu ulkoinen alaraajoihin puettava tukiranka (Alho 2018, 14). Suomessa Indego eksoskeleton-laitteita on viisi kappaletta (Eskola 2019, 9). Laite muodostuu viidestä osasta: Lantio-osa, oikea ja vasen alaraajan yläosa sekä oikea ja vasen alaraajan alaosa. (kuva 11)



Kuva 11. Indego eksoskeletonin ominaisuudet (Tefertiller ym. 2018, 81)

Laite on varusteltu teknologialla ja säädettävillä moottoroiduilla nivelillä, jotka asettuvat henkilön lonkka- ja polvinivelten kohdalle. Laitteessa on hiilikuidusta rakennetut säädettävät nilkan ja jalkaterän ortoosit, jotka mahdollistavat nilkan stabiliteetin kävellessä. (Tefertiller ym. 2018, 80.) Mekaaninen rakenne muistuttaa ihmisen raajan anatomiaa, sillä robotin moottorisoidut nivelet vastaavat ihmiskehon niveliä. Laite kiinnitetään kuntoutujan alaraajoihin useasta kohdasta kalvosimella. (Marchal-Crespo & Riener 2018, 228.)

Laite sisältää ohjelmiston, johon välittyy tietoa muun muassa käyttäjän askeluksesta ja asennosta (Tefertiller ym. 2018, 80). Tietokone ohjaa laitteen moottoreita eli hydraulisia pumppuja (nesteiden paineella toimiva pumppu) tai pneumaattisia lihaksia (kaasun paineella toimiva), jotka liikuttavat robottia ja sen myötä ihmistä ja näin tuottavat kävelyssä vaaditun liikkeen sekä avustavat pystyasennon hallinnassa ylösnousussa ja istumaan laskeutumisessa. (Alho ym. 2018, 14; Indego therapy 2018, 4.)

Puettuaan laitteen päälle käyttäjän tulee nojata eteenpäin aloittaakseen liikkuminen. Eksoskeletonia voidaan käyttää myös ulkona ja erilaisilla alustoilla. Kävelyn tukena on käytössä kyynärsauvat, kävelytuki tai jokin muu liikkumisen apuväline (kuva 12). Käyttäjän painorajoitus laitteen käyttöön on 113 kg ja käyttäjän pituus tulee olla 155 - 191 cm välillä. (Indego Therapy 2018, 4.) (kuva 13)



Kuva 12. Indego eksoskeleton -laitteen käytön apuna käytetään erilaisia apuvälineitä (Parker Hannifin Corp 2020b.)

Eksoskeletonia voidaan hyödyntää kuntoutuksessa esimerkiksi selkäydinvamma-, aivovamma-, parkinson- tai AVH-kuntoutujien kanssa. Kuntoutukseen pystytään lisäämään enemmän toistoja ja oikeanlaista askellustyyliä. (Poukanville 2014b.) Laitteella on mahdollisuus lisätä itseenäisyyttä ja fyysistä aktiivisuutta hoitolaitoksissa ja yhteisössä, kuten kauppa-keskuksissa, puistoissa ja elokuvateattereissa. (Ashraf 2018, 112–113.)

Laitteita on saatavilla kaksi erilaista versiota. Indego Therapy on terapiakäyttöön sovellettu laite ja Indego personal on henkilökohtainen eksoskeleton, joka soveltuu itsenäisesti tai avustajan kanssa käytettäväksi (Parker Hannifin Corp 2020a; Indego therapy 2018, 2).

Indego Personal soveltuu kävelyn apuvälineeksi muun muassa selkäydinvammaisille, joilla on selkäydinvamma selkärangan T1-S1 tasolla (rintarangasta ristiselkään) ja AIS vammaluokitus A, B tai C sekä henkilöille, joilla on alaraajojen heikkoutta halvauksen vuoksi. Laitteen pystyy pukemaan päälle ilman avustajaa ja laitteen saa pienempiin osiin, jotta sitä on helpompi kuljettaa. (Fysioline 2020a; Parker Hannifin Corp 2020.) (kuva 13)



Kuva 13. Laitte on mahdollista kuljettaa pienemmissä osissa (Parker Hannifin Corp 2020b.)

Henkilö voi liikkua tutussa ympäristössä niin sisällä kuin ulkona ja samalla suorittaa intensiivistä kuntoutusta laitetta käytettäessä. Laitteen käytön avuksi käyttäjä valitsee liikkumisen apuvälineen. Laitteen käytön terveyshyötyjä voivat olla parempi kehonhallinta sekä lääke- ja hoitokustannusten väheneminen, kun erilaiset infektiot, kiputilat sekä luusto- ja nivelongelmat vähenevät. Laitteen avulla henkilö kykenee kanssakäymiseen ja kommunikointiin pystyasennosta. (Fysioline 2020a; Parker Hannifin Corp 2020a.)

Indego therapy -laitteella terapeutti voi toteuttaa tehtäväkeskeistä, maata-sossa tapahtuvaa kävelyharjoittelua kuntoutujille, joilla on heikkoutta tai halvaus alaraajoissa. Terapeutti ohjaa robotin käyttöä Apple ipod touchilla bluetooth-yhteyden avulla langattomasti. Laitteessa on kaksi eri ohjausmallia, joita hallitaan älylaitteen avulla: Motion+ ja Therapy+. (Indego therapy 2018, 3–4; Poukanville 2014b.)

Motion+ ohjelmiston avulla kuntoutuja pystyy suorittamaan ohjattua kävelyä täysin tai osittain avustetusti *full and variable assist* -asetuksilla. Kuntoutuja voi tehdä erilaisia terapeutisia harjoitteita turvallisesti tuettuna laitteeseen ja *advanced gait* -asetuksella kävelynopeutta voidaan vaihdella. Laitteen *vibratory feedback* antaa palautetta kävelyn eri vaiheissa. Therapy+ -ohjelmiston avulla kuntoutuja voi kävellä omalla tyylillään avustettuna. Terapeutti voi tarpeen mukaan vähentää painovoiman vaikutusta *Gravity reduction* -asetuksella helpottaakseen ja keventääkseen kuntoutujan kävelyä. Therapy+ -ohjelmisto

sisältää *stance support* -asetuksen, johon voi säätää asentoa kuntoutujan tavoitteiden mukaisesti sekä *active swing*-asetuksen, jonka avulla kuntoutuja pystyy harjoittelemaan fysiologista kävelyn mallia. *Auditory Feedback* antaa palautetta, jotta kuntoutuja pystyy havaitsemaan virheelliset kävelymallit ja parantamaan suoritusta tavoitteidensa mukaan. (Indego Therapy 2018, 3–4.)

5 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Opinnäytetyömme tavoitteena oli selvittää, millaisia käyttömahdollisuuksia robottivusteisella kävelyharjoittelulla on neurologisessa fysioterapiassa ja miten niillä suoritettu harjoittelu eroaa perinteisestä harjoittelumuodosta. Työn tarkoituksena oli tuottaa toimeksiantajalle suomenkielinen kuvaileva kirjallisuuskatsaus hyödynnettäväksi oppimateriaaliksi fysioterapian ja jalkaterapian opiskelijoille sekä aiheesta kiinnostuneille.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat:

- *Mitä hyötyjä robottivusteisella kävelyharjoittelulla on neurologisten kuntoutujien kävelyn kuntoutuksessa?*
- *Millä tavoin robottivusteinen kävelyharjoittelu on perinteistä kävelyharjoittelua hyödyllisempää tai tehokkaampaa?*

6 KUVAILEVAN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS

Tämän opinnäytetyön toteutusmenetelmänä on kuvaileva kirjallisuuskatsaus eli *narratiivinen kirjallisuuskatsaus* (Kangasniemi ym. 2013, 293). Menetelmässä olemassa olevaa tutkimustietoa kootaan tietyltä aihealueelta (Johansson ym. 2007, 4). Tämä luku tarkastelee kuvailevaa kirjallisuuskatsausta menetelmänä tarkemmin ja miten tiedonhaku on edennyt kirjallisuuskatsaukseen. Luvussa esitellään tarkemmin aineiston keruuta sekä sen analysointia.

6.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen peruspiirteitä ovat laajasti käytetyt aineistot, joiden valintaa ei rajaa järjestelmälliset säännöt. Työssä tutkittavaa ilmiötä pyritään kuvaamaan laajasti, mutta tutkimuskysymykset ovat systemaattiseen

katsaukseen ja meta-analyysiin verrattuna väljempää. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tuloksen ei välttämättä tarvitse olla analyttisin, vaikka sen avulla tuodaan esille ajankohtaisin tutkimustieto. (Salminen 2011, 6–7.) Menetelmä on soveltuva myös hajanaisempiin aiheisiin, jolloin tietoa tuotetaan hyvien käytäntöjen edistämiseksi kliniseen työhön sekä koulutukseen (Kangasniemi ym. 2013, 295).

Kangasniemen ym. mukaan (2013, 294) kuvaileva kirjallisuuskatsaus on määritelty neljään vaiheeseen (kuva 14), jotka ovat tutkimuskysymyksen muodostaminen, aineiston valitseminen, kuvailun rakentaminen sekä tuotetun tuloksen tarkasteleminen. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tärkeä osa on tutkimuskysymys/kysymykset ja luoda aineiston perusteella kuvaileva ja laadullinen vastaus.



Kuva 14. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen vaiheet (Kangasniemi ym. 2013, 294.)

Tutkimusprosessia johdattaa kysymysmuotoon laadittu tutkimuskysymys. Tutkimuskysymyksen tarkastelua voidaan tehdä yhdestä tai useammastakin näkökulmasta, mutta onnistuneen tutkimuskysymyksen tulee olla täsmällinen ja tarpeeksi rajattu, jotta aihetta voidaan tutkia syvällisesti. (Kangasniemi ym. 2013, 294–295.)

6.2 Aineiston keruu

Ennen lopullista aineiston keruuta suoritettiin testihakuja. Testihakujen avulla varmistettiin käytettävät tietokannat sekä muodostettiin käyttökelpoiset haku-

sanat ennen lopullista tiedonhakua. Hakua rajattiin siten, että tutkimuksen tulee olla vertaisarvioitu ja ilmaiseksi luettavissa ja saatavilla sekä julkaistu vuoden 2010 jälkeen. Tutkimuksien tuli tekstin perusteella käsitellä teoreettisen osuutemme sisältöä sekä käsitellä tutkimuskysymyksiä. Taulukossa 2 on esitelty tutkimusten hakukriteerit.

Taulukko 2. Tiedonhaun hakukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
<ul style="list-style-type: none"> julkaisuvuosi 2010-2020 ilmaiseksi luettavissa ja saatavilla vertaisarvioitu tutkimus tutkittu lokomat tai eksoskeleton-laitetta tutkimuksen kohderyhmänä henkilöt, joilla neurologinen sairaus 	<ul style="list-style-type: none"> julkaistu ennen 2010 tutkimuksen saatavuus on maksullinen tutkimusta ei ole vertaisarvioitu lokomat tai eksoskeleton laitetta ei käytetty tutkimuksessa kohderyhmänä henkilöt, joilla ei neurologista sairautta

Tiedonhaussa käytettiin seuraavia tietokantoja: Cinahl Ebsco, Sport discuss direct Ebsco, Pubmed ja Kaakkuri.finna.fi. Lopuksi käytettiin manuaalista hakua internetistä. Tiedonhaussa käytettiin seuraavia hakusanoja: "RAGT" OR lokomat" OR "exoskeleton" AND "gait training" OR "gait" AND "rehabilitation" AND "neurological disorder" OR "neurological" OR "neurorehabilitation" Hakusanat ovat englanniksi, sillä käytetyissä tietokannoissa ei ole suomenkielisiä tutkimuksia. Hakuosumia saatiin yhteensä kaikista tietokannoista sekä manuaalisella haulla 208, joista otsikon perusteella valittiin yhteensä 16 tutkimusta. Tiedonhaun vaiheet ja osumat sekä lopulliset valinnat löytyvät Tiedonhakutaulukosta (Taulukko 3). Toistettavuuden varmistamiseksi suoritimme jokaisesta tietokannasta uusintahaun.

Taulukko 3. Tiedonhakutaulukko

Tietokanta	Hakusanat	Rajaukset	Osumat (otsikon perusteella valitut)	Valitut
Pubmed	"lokomat" OR "exoskeleton" OR "RAGT" AND "gait training" AND "rehabilitation" AND "neurological disorder"	10 vuotta julkaisusta, koko teksti ilmaisena, clinical trial	32 (4)	2
Cinahl (Ebsco)	"lokomat" OR "exoskeleton" AND "gait"	julkaisu vuosi 2010-2020, peer reviewed, full text	6 (2)	1

	training" AND "rehabilitation" AND "neurological disorder"			
Sport discuss direct (Ebsco)	"lokomat" OR "exoskeleton" AND "gait training" AND "rehabilitation" AND "neurological disorder"	julkaisu vuosi 2010-2020, peer reviewed, full text	8 (1)	0
Kaakuri.finna.fi	"lokomat" OR "exoskeleton" AND "gait training" AND "rehabilitation" AND "neurological"	koko teksti saatavissa, vertaisarvioitu, julkaisuvuosi 2010-2020	146 (7)	4
Kaakuri.finna.fi	"lokomat" OR "exoskeleton" AND neurorehabilitation AND gait	koko teksti saatavissa, vertaisarvioitu, julkaisuvuosi 2010-2020	48 (4)	1
Manuaalinen haku: Indego, published research	-	-	16 (2)	2

Lopulliseen aineistoon valittiin yhteensä 10 tutkimusta. Tutkimukset ovat esitelty tutkimustaulukossa liitteessä 1.

6.3 Aineiston analysointi

Kirjallisuuskatsauksena tuotetun opinnäytetyön aineisto analysoidaan, jotta aineistoa voidaan jäsenellä ja tiivistää tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi. Teemoittelu on yksi aineiston analyysitapa. Aineiston tekstistä on ensin löydettävä ja sen jälkeen erotettava tutkimuskysymyksiä tukevat aiheet. Jotta teemoittelu onnistuu, tulee teoreettisen osuuden ja empiirisen osuuden olla vuorovaikutuksessa toisiinsa. (Eskola & Suoranta 1998, 126–127.) Tässä opinnäytetyössä aineistonanalyysi aloitettiin artikkelien yleisellä tarkastetulla ja lukemisella, jonka jälkeen aineistoa tarkasteltiin laadittuihin tutkimuskysymyksiin peilaten. Tämän jälkeen aineistoon suoritettiin värikoodaus teemoittelun mukaisesti.

Analyysin toteuttamiseksi tulee päättää aineistosta kiinnostava tai olennaisin aihe, jota työssä käsitellään. Kun aihe on rajattu tiettyyn ilmiöön, aineistosta otetaan vain tähän ilmiöön liittyvät asiat. Kun aineisto on käyty läpi kriittisesti, aineisto jaetaan luokkiin, teemoihin tai tyyppeihin, sen mukaan miten aineisto halutaan tuoda esille tutkimuksessa. Tutkijan on tärkeää pohtia, haluaako hän

tuoda esille aineistojen samankaltaisuuksia vai eroavaisuuksia. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 104–107.)

Aineiston analyysitapa oli teemoittelu. Käsiteltävät teemat muodostettiin teorialähtöisesti ennen aineistojen värikoodausta. Aineiston artikkelien tulos- ja pohdintaosuuksista etsittiin yhdistäviä tekijöitä värikoodauksen avulla tutkimuskysymyksiin. Teemoittelun avulla tutkimuksista jäsenneltiin työn kannalta olennainen sisältö. Värikoodaus (kuva 15) tehtiin kolmen teeman mukaan seuraavasti: kävelyrobotti ja sen käytettävyyden (vihreä), kävelykyn liittyvät hyödyt (keltainen) sekä kävelyrobotiikan hyödyt verrattuna toiseen terapiamenetelmään (liila).

lasting 20–30 min, twice a week. Although the improvement of balance in the study group was significant, nonetheless, the lack of a control group made those results inconclusive. The study by Yoshimoto et al. (30) showed significant improvement in the Timed Up and Go test in chronic stroke patients and in the functional reach test and the Berg Balance Scale after training in the HAL exoskeleton (once a week for 8 weeks, 20 min per session). The control group underwent conventional physical therapy for gait disturbances, but significant differences in balance were not observed (30). Also, the research of Hornby et al. (13) or Hidler et al. (31), comparing the effects of conventional rehabilitation with treatment on the Lokomat robot, did not show any significant differences in balance assessed by the Berg Balance Scale (13, 31).

The change in balance assessed with the Berg Balance Scale (13, 14, 31), and in our own study with the stabilometric platform, did not clearly show which treatment method was more effective in patients after stroke. However, we have noted some trends showing that treatment with the exoskeleton may be more beneficial in some patients. This may indicate that to improve balance, it is necessary to stimulate the balance system itself during therapy or that the therapy duration should be longer than 4 weeks.

In our study, significant changes after therapy occurred in both groups; therefore, we suggest that both forms of the applied treatment lead to improvement in patients' functional status. However, in the experimental group, the improvement was observed in a larger number of categories assessed with the BI and with RMI, which may suggest the potentially greater impact of training on functional improvement with the Ekso GT exoskeleton than with classical rehabilitation. Unfortunately, the groups in our study differed significantly in some of the categories in both RMI and BI at baseline. However, patients in the experimental group were functionally weaker at baseline; therefore, it is possible that they had greater potential for improvement, and that is why their recovery of functional status was better than in the control group.

Studies have shown that the use of an exoskeleton improves gait function in patients after stroke (11, 25, 32–34). However, it cannot be unequivocally stated that the therapeutic effect is better than in the case of using classical forms of rehabilitation with a physiotherapist. In our study, significant improvement in walking distance in the exoskeleton during subsequent training sessions in patients trained with the Ekso GT exoskeleton was observed, but it should be noted that this was measured during a robot-assisted walk. Among the available literature, in some

Kuva 15. Esimerkki tämän opinnäytetyön värikoodauksesta pohjana Rojek ym. (2020) artikkeli

Värikoodauksen avulla luotiin taulukko, johon kirjattiin jokaisesta tutkimuksesta värikoodauksen teemojen mukaan tuloksien kannalta tärkeät asiat. Teemojen avulla tutkimuksista etsittiin yhtäläisyyksiä, jotka toimivat pohjana aineiston tuloksille ja niiden esittelylle. Taulukkoon koottiin tutkimuskysymyksiin kannalta olennaiset ja yhdistävät tekijät artikkeleista. Taulukko teemoittelusta on liitteenä 2.

7 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään kirjallisuuskatsauksen aineistosta analyysin avulla tutkimuskysymyksiin löytyneet vastaukset. Aineistoksi valittiin yhteensä 10 tutkimusta, joista kaikissa tutkimusvälineenä oli jokin kävelyrobottilaite ja kohderyhmänä neurologista sairautta sairastavia henkilöitä. Tutkimuksissa oli kohderyhmänä joko selkäydinvammaan, aivoverenkiertohäiriöön tai Parkinsonin tautiin sairastuneita henkilöitä. Tutkimuksissa oli käytetty tutkimusvälineenä joko Lokomat -kävelyrobottia tai jotakin eksoluuranko-laitetta (Indego, Ekso Bionisc, Ekso GT & LOPES) interventioryhmässä.

7.1 Tutkimusasetelmat

Baunsgaardin ym. (2017), Calabrón ym. (2018), Fleerkotten ym. (2014), Roje-kin ym. (2020), Juszczaikin ym. (2018) & Ekelemin ym. (2018) tutkimuksissa tutkimusvälineenä käytettiin eksoskeleton-laitetta. Taulukossa 4 on eritelty tutkimuksissa käytetyt eksoskeletonit, osallistujaryhmän koko, osallistujaryhmän sairaus, testit ja harjoittelujakson sekä terapiakerran kesto. Osallistujien määrä tutkimuksissa vaihteli 2 - 52:n välillä. Valituissa eksoskeleton -tutkimuksissa neurologisia sairauksia olivat aivoverenkiertohäiriö ja selkäydinvamma. Tavoitteena molempien neurologisten sairauksien kuntoutuksessa oli arvioida kävelyn ja sen eri osa-alueiden kehittymistä harjoittelujaksojen aikana ja sen jälkeen. Kahdessa tutkimuksessa tehtiin seurantatestit varsinaisen harjoittelujakson jälkeen: Baunsgaard ym. (2017) 4 viikkoa ja Fleerkotten ym. (2014) 8 viikkoa.

Taulukko 4. Eksoskeleton-tutkimukset

Tutkimukset	Osallistujat (robotilla harjoitelleet)	Neurologinen sairaus	Eksoskeleton	Mittarit	Harjoittelujakso (kertoja viikossa / harjoittelu kerran pituus)
Calabrò ym. 2018	40 (20)	Aivoverenkiertohäiriö	Ekso™	10MWT, RMI, TUG, sEMG, CSE, SMI	8 viikkoa (5 krt. viikossa / 45min)
Rojek ym. 2020	44 (23)	Aivoverenkiertohäiriö	Ekso GT	BI, RIM, Zebris FDM-S	4 viikkoa (5 krt. viikossa / 45min)
Baunsgaard ym. 2017	52	Selkäydinvamma	Ekso Bionics (Ekso ja Ekso GT)	10MWT, TUG, BBS, WISCI II, LEMS	8 viikkoa (3 krt. viikossa / 60min)
Fleerkotte ym. 2014	10	Selkäydinvamma	LOPES	10MWT, 6MWT, WISCI II, TUG, LEMS, VICON	8 viikkoa (3 krt. viikossa / 60min)
Juszczak ym. 2018	45	Selkäydinvamma	Indego Eksoskeleton	SWLS, MAS	8 viikkosa (4-5 krt. viikossa / x min)
Ekelem ym. 2018	2	Selkäydinvamma	Indego Eksoskeleton	MAS	2 viikkoa (1 krt. viikossa / < 4 tuntia)

10MWT: 10 Meter Walking Test, 6MWT: 6 Minute Walking Test, TUG: Timed Up and Go, BBS: Borgs Balance Scale, WISCI: Walking Index for Spinal Cord Injury, LEMS: Lower Extremity Motor Scale, RMI: Rivermead Mobility Index, sEMG: surface Electromyography, CSE: Cortico-Spinal Excitability, SMI: Sensory-Motor Integration, BI: Barthel Index, FMD: Pressure Distribution Measurement System SWLS: Satisfaction With Life Scale MAS: Modified Ashworth Scale VICON: Vicon PlugIn Gait Model

Baunsgaard ym. (2017) tutkivat eksoskeleton-laitteella suoritettavan kävelyharjoittelun turvallisuutta, soveltuvuutta ja kävelyn toimintoja selkäydinvaman kuntoutuksessa. Tutkimuksessa oli käytössä Ekso Bionicsin valmistamat Ekso ja Ekso GT eksoskeletonit. Ekso-robotilla harjoitteli 8 osallistujaa ja loput 44 osallistujaa Ekso GT -robotilla.

Calabrò ym. (2018) vertailivat Ekso™ eksoskeletonilla suoritettua kävelyharjoittelun ja perinteisen kävelyharjoittelun eroja aivojen plastisuuden näkökulmasta. Tutkimuksessa mitattiin kävelyn parametrien muuttumista eri mittareita käyttäen (taulukko 4). Osallistujat jaettiin satunnaisesti kahteen 20 hengen ryhmään, EGT (Ekso™ Gait Training) ja OGT (Overground Gait Training). Kaikki osallistujat suorittivat harjoittelujakson ilman merkittäviä haittatapahtumia.

Fleerkotte ym. (2014) arvioivat kroonistuneen osittaisen selkäydinvamman (iSCI) kuntouttamista eksoskeleton kävelyrobotilla. Tutkimukseen osallistui 10 henkilöä kahdeksan viikon ajan, käyttäen LOPES (Lower Extremity Powered Eksoskeleton) -eksoskeletonia. Primäärisinä mittareina tutkimuksessa käytettiin 10MWT, WISCI II, 6MWT, TUG ja LEMS. Sekundäärisenä mittarina kävelyn kinematiikan arvioinnissa käytettiin VICON infrapunakamera-järjestelmää.

Rojek ym. (2020) tutkivat eksoskeleton-harjoittelun vaikutusta tasapainoon, painon jakautumiseen ja kävelykykyyn AVH-kuntoutujilla. Neljän viikon tutkimukseen osallistui 44 henkilöä, jotka jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään. Ekso GT:llä harjoitteli 23 ja kontrolliryhmässä 21. Painonjakautumista mitattiin Zebris merkkisellä kävelymatolla, joka taltioi tutkitavan jalkapohjien kautta mattoon välittyvän painonjakauman. Tasapainoa arvioitiin silmät kiinni ja auki, mikäli se oli osallistujan kohdalla mahdollista. Tämän lisäksi Rivermead Mobility Index (RIM) mittaristo arvioi tutkitavan kykyä kävelyssä, tasapainossa ja siirtymissä. Päivittäisistä toimista selviytymistä mittaava Barthel Index (BI) oli toinen toimintakyvyn mittari.

Juszczak ym. (2018) tutkivat eksoskeletonilla tapahtuvan kävelykuntoutuksen vaikutusta elämän laatuun ja selkäydinvammasta johtuviin haittoihin. Osallistujia tutkimukseen oli 45, joiden selkäydinvamma sijaitsi T3 - L2 nikamien alueella. Tulokset koostuivat osallistujien omasta kivun, spastisuuden tai rakon toiminnan arvioinnista. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin apuna Satisfaction with Life Scale (SWLS) elämän laadullisten seikkojen arvioinnissa ja Modified Ashworth Scale (MAS) spastisuuden arvioinnissa. Eksoskeletonina tutkimuksessa käytettiin Indego Eksoskeletonia, jota on työssä arvioitu tarkemmin teoreettisessa viitekehyksessä.

Ekelem ym. (2018) tutkimuksen tavoitteena oli tutkia eksoskeletonilla tehtävän kävelykuntoutuksen vaikutusta kävelyyn vaikeasti alaraajoista spastisilla selkäydinvammaisilla henkilöillä. Tutkimuksessa osallistujia oli kaksi, joilla on vaikea-asteista spastisuutta alaraajoissa. Kuntoutuksessa käytettiin apuna Functional Electrical Stimulation (FES) laitteistoa, joka stimuloi lihaksia ja hermoja sähköimpulsseilla. Sähköimpulssi aloittaa lihaksen hermojen aktiopotentiaalin, joka tuottaa lihaksessa halutun vasteen. Erityisesti tutkimuksessa keskityttiin heilahdusvaiheessa olevan jalan liikeradan muutokseen.

Schwartzin ym. (2011), Lon ym. (2010), Santosin ym. (2018) & Kammenin ym. (2017) tutkimuksissa tutkimusvälineenä käytettiin Lokomat -kävelyrobottilaitetta. Taulukossa 5 on eritelty tutkimuksien osallistujat, kohderyhmät, käytetyt testit sekä harjoittelujaksot. Osallistujien määrä tutkimuksissa vaihteli 4 - 28:n välillä. Kaikissa tutkimuksissa oli käytetty erilaisia testausmenetelmiä, sillä tutkimuksien tarkoitukset ja kohderyhmät olivat erilaisia toisistaan. Tutkimuksissa neurologisia sairauksia olivat aivoverenkiertohäiriö, Parkinsonin tauti ja selkäydinvamma. Tavoitteena tutkimuksissa oli arvioida kyseisten neurologisten sairauksien kävelykykyä, kävelyyn liittyviä ongelmia, itsenäistä liikkumiskykyä, elämänlaatua harjoittelujaksojen aikana ja sen jälkeen. Poikkeuksena on Kammen ym. (2017) tutkimus, jossa tutkittiin yhden tutkimuskerran aikana lihasaktivaatiota kävelyharjoitteluun osallistuvilla.

Taulukko 5. Lokomat-tutkimukset

Tutkimukset	Osallistujat (interventioryhmä)	Neurologinen sairaus	Mittarit	Harjoittelujakso (kertoja viikossa/harjoittelukerran pituus)
Schwartz ym. 2011	28	Selkäydinvamma	FAC, WISCI II, SCIM & AIS	12 viikkoa (2-3 kertaa viikossa 30-45 minuuttia)
Lo ym. 2010	4	Parkinson	FOG, vFOG, päiväkirja, spatiotemporaalisen kävelyn mittaukset, PDQ-39 mittari	5 viikkoa (2 kertaa viikossa 30 minuuttia)
Santos ym. 2018	19 (7)	Aivoverenkiertohäiriö	BBS, TUG, FIM, SARA	5 kuukautta (3 kertaa viikossa, josta yksi kerta kävelyrobotilla 1 tunnin ajan)
Kammen ym. 2017	20 (10)	Aivoverenkiertohäiriö	Lihasten aktivaatiota mitattiin elektromyografiaa hyödyn-täen	2 harjoituskertaa, aikaa ei ilmoitettu.
FAC: Functional Ambulation Category, WISCI II: Walking Index for Spinal Cord Injury, SCIM: Spinal Cord Independence Measure, AIS: Association Impairment Scale, FOG: Freezing Of Gait, vFOG: video of Freezing Of Gait, PDQ-39: The Parkinson's Disease Questionnaire, BBS: Berg Balance Scale, TUG: Timed Up and Go, FIM: Functional Independence Measure, SARA: Scale of Assessment and Rating of Ataxia				

Schwartz ym. (2011) tutkimuksessa tutkittiin robottiaivusteisen kävelyharjoittelun vaikutuksia liikkumiskykyyn ja kävelykykyyn 28 akuuttivaiheen selkäydinvammapotilailla koe- ja kontrolliryhmässä. Kontrolliryhmän tiedot olivat interventioryhmään vastaavia, mutta ne kerättiin samassa kuntoutuslaitoksessa aikaisempina vuosina kuntoutettavien selkäydinvammapotilaiden tiedoista. Kontrolliryhmässä oli käytetty perinteisestä fysioterapian harjoittelumuotoa.

Lon ym. (2010) tutkimuksessa tutkittiin robottiaivusteisen kävelyharjoittelun pitempiaikaisia vaikutuksia neljän Parkinsonia sairastavien henkilöiden jäätymisepisodien vähentymiseen. Jäätymisepisoodeja arvioitiin FOG-kyselyllä ja osallistujien päiväkirjalla sekä kävelyn videoinnilla. Kävelyä ja pystyasentoa arvioitiin pisteytyksellä ja askelparametrien dataa kerättiin elektronisella kävelymatolla. Elämänlaatua mitattiin PDQ-39 kyselyllä.

Santosin ym. (2018) tutkimuksen tavoite oli arvioida robottiaivusteisen kävelyharjoittelun vaikutusta tasapainoon ja toimintakykyyn päivittäisissä toiminnoissa 19 aivoverenkiertohäiriötä sairastavilla, joilla on ataksia. Tasapainoa ja toimintakykyä arvioitiin BBS, FIM ja TUG -testeillä. Ataksian oireen voimakkuutta mitattiin SARA-arvioinnilla. Kontrolliryhmä suoritti kävelyharjoittelua terapeutin avustamana saman harjoitusmäärän kuin interventiorryhmä. Molemmat ryhmät saivat kotiin harjoitteita.

Kammen ym. (2017) selvittivät tutkimuksessaan, miten kävelyharjoittelu Lokomat-laitteella vaikuttaa lihasaktivaatioon alaraajoissa 10 aivoverenkiertohäiriötä sairastavilla ja miten nämä tulokset eroavat 10 terveen kävelijän tuloksiin verrattuna. Tavoite oli myös selvittää, miten potilaiden lihasten toiminnan poikkeavuudet muuttuvat. Testauksessa käytettiin lihassähkökäyrää (EMG), jolla arvioitiin alaraajojen lihasten aktivaatiota (m. gluteus medius, m. vastus lateralis, m. biceps femoris, m. medial gastrocnemius ja m. tibialis anterior).

Aineiston kaikissa tutkimuksissa tutkittiin kävelyrobotilla suoritettujen harjoittelun hyötyjä neurologisen sairauden kuntoutuksessa. Kaikissa tutkimuksissa arvioitiin osallistujien liikkumiskykyä tai kävelyä. Viidessä tutkimuksessa kohderyhmänä oli selkäydinvammaa sairastavat henkilöt, neljässä aivoverenkiertohäiriötä sairastavat henkilöt ja yhdessä Parkinsonin tautia sairastavat henkilöt. Viidessä tutkimuksessa oli koe- ja kontrolliryhmä. Otoskoot vaihtelivat tutkimuksissa kahdesta henkilöstä 52 henkilöön. Harjoittelujaksojen kestot vaihtelivat kahdesta harjoituskerrasta viiteen kuukauteen. Samoja arviointimenetelmiä ja testejä oli käytetty osissa tutkimuksissa. Osittain tutkimuksissa oli eroavaisuuksia, koska tutkimuksissa oli käytetty spesifiin sairauteen liittyviä testejä.

7.2 Kävelyyn liittyvät hyödyt

Kävelykyvyssä tapahtui kehitystä kaikilla selkäydinvammaa sairastavilla osallistujilla vamman tasosta ja laajuudesta huolimatta (Baunsgaard ym. 2017; Schwartz ym. 2011; Fleerkotte ym. 2014). Selkäydinvammaa sairastavien osallistujien alaraajojen lihasvoima kasvoi ja polven sekä lonkan liikelaajuudet kasvoivat. Mitä rajoittuneempi kävelykyky oli, sitä suuremmat muutokset liikelaajuuksissa havaittiin. (Fleerkotte ym. 2014). Alaraajojen lihasaktivaation raportoitiin olevan heikkoa AVH-potilailla kävelyrobotiharjoittelun aikana. (Kammen ym. 2017). FAC- kävelyluokituksen ja WISCI II-indeksin tulosten perusteella havaittiin kävelykyvyn parannusta selkäydinvammaa sairastavilla, joilla oli vaikea liikkumiskyvyn vaikeus (Schwartz ym. 2011).

Kävelyn heilahdusvaiheessa epäsymmetrisyyden havaittiin vähentyneen kävelyrobotilla harjoitellessa AVH-potilailla. Kävelyharjoittelun aikana laitteen ohjausapu oli 50 % ilman painokevennystä (Kammen ym. 2017). Päinvastaisia tuloksia saatiin Parkinsonia sairastavien henkilöiden mittauksista, jossa havaittiin kävelyn lisääntyntä epäsymmetriaa, mutta vaikka kävely oli epäsymmetristä, oli se silti paremmin koordinoitua, johdonmukaista ja rytmistä lattiatasossa mitattuna (Lo ym. 2010).

Kävelyn askelparametreissa havaittiin parannusta tutkimusten tuloksissa niin laitteessa ollessa kuin laitteen ulkopuolella. Selkäydinvammaa sairastavien osallistujien kävelyaika lisääntyi keskimäärin 12 minuuttia ja siten askelten määrä laitteessa lisääntyi keskimäärin 500 askeleella kahdeksan viikon harjoitusjakson päätteeksi. Mittaustulosten valossa kaikki tutkitut osa-alueet kehittivät merkittävästi yksilöllisesti jokaisella osallistujalla tutkimuksen aikana. (Baunsgaard ym. 2017.)

Kävelyrobotiharjoittelun havaittiin parantavan kävelynopeutta ja askelpituutta Parkinsonia sairastavilla henkilöillä yksi tunti harjoittelun jälkeen mitattuna. Kävelynopeus ja askelpituus paranivat lähes neljäsosan laitteen käytön jälkeen lattiatasossa mitattuna. (Lo ym 2010.) Kävelysyklin keston havaittiin lyhenevän ja kävelyn laadun parantuvat AVH-potilaiden kävelyrobotikuntoutusjakson päätteeksi. Harjoitustiheys oli viisi kertaa viikossa. (Calabro ym. 2018.)

Päivittäisiä toimintoja arvioivassa testissä havaittiin parannusta AVH-potilaiden kävelyrobottikuntoutuksen päätteeksi neljän ja kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen (Calabro ym. 2018; Rojek ym. 2020). Myös viiden viikon harjoittelun jälkeen Parkinsonia sairastavat osallistujat olivat ilmoittaneet seitsemän kahdeksasta kategoriasta (liikkuvuus, päivittäiset toiminnot, emotionaalinen hyvinvointi, koettu häpeä, sosiaalinen tuki & kognitio) elämänlaatumittarissa paremmaksi (Lo ym. 2010). Selkäydinvammaa sairastavat henkilöt eivät olleet ilmoittaneet merkittävää muutosta elämänlaatuun (Juszczak ym. 2018).

Tasapainon parantumista havaittiin kävelyrobottiharjoittelulla selkäydinvammaa, aivoverenkiertohäiriötä sekä Parkinsonia sairastavilla. (Baunsgaard ym. 2017; Calabro ym. 2018; Lo ym. 2010; Santos ym. 2018.) Selkäydinvammaa sairastavilla osallistujilla testien tulokset, jotka arvioivat tasapainoa osoittivat, että tasapainossa oli tapahtunut parannusta. Muutama osallistuja oli ilmoittanut istumatasapainonsa parantuneen. (Baunsgaard ym 2018.) Parkinson potilaiden kävelyrobotilla suorittamalla harjoittelulla saatiin näyttöä kehittyneeseen tasapainoon ja vähentyneeseen kaatumistiheyteen (Lo ym. 2010). Robottiavusteisen kävelyharjoittelun todettiin toimivan lisänä kuntoutuksessa tasapainon kehittämiseen henkilöillä, joilla esiintyy ataksiaa (Santos ym. 2018).

Yksittäisissä neurologisissa oireissa havaittiin tietyn oireen vähentymistä. Kävelyrobottiharjoittelu vähensi Parkinson potilaiden jäätymisepisodeja osallistujien itse pisteyttämän kyselyn mukaan. Jäätymisepisodien määrä vähentyi keskimäärin 20,7 % päivää kohti. Robottiaavusteinen kävelyharjoittelu todettiin tulosten perusteella olevan lupaava harjoittelumuoto vähentämään jäätymisepisodeja. (Lo ym. 2010.) Robottiaavusteinen kävelyharjoittelu vähensi ataksian oireita (Santos ym. 2018). MAS-arvioinnilla mitattuna spastisuuden havaittiin vähentyneen kävelyrobotilla suoritettua kävelyharjoittelun jälkeen (Juszczak ym. 2018; Ekelem ym 2018). Osallistujien itse arvioidun spastisuuden oli koettu vähentyneen (Juszczak ym. 2010).

7.3 Robottiaavusteisen ja perinteisen kävelyharjoittelun vertailu

Kävelyrobotiikan hyötyjä perinteiseen harjoittelumuotoon verrattuna raportoitiin viidessä tutkimuksessa. Molemmat harjoittelumuodot johtivat AVH-potilaiden toimintakyvyn parantumiseen 4 viikon aikana. Kuitenkin harjoittelu

eksoskeleton -laitteella paransi useampia testauksen kategorioita, jotka viittasivat siihen, että kävelyrobottiharjoittelulla olisi suurempi positiivinen vaikutus osallistujien toimintakykyyn. (Rojek ym. 2020.) Robottivusteinen kävelyharjoittelu havaittiin olevan mahdollisesti hyödyllisempi harjoittelumuoto liikkumiskyvyn edistämiseen AVH-potilailla aivojen neuroplastisuuden ja uudelleenmuotoutumisen näkökulmasta perinteiseen harjoittelumuotoon verrattuna (Cabrero ym. 2018). Selkäydinvammaa sairastavilla kävelyrobotilla toteutettu harjoittelu paransi motorisia ja liikkumiskyvyn osa-alueita enemmän kuin perinteinen kävelyharjoittelu (Schwartz ym. 2011).

Toisaalta robottivusteisen kävelyharjoittelun hyötyjä itsenäiseen kävelykykyyn ei koettu olevan huomattava perinteiseen harjoittelumuotoon verrattuna. (Schwartz ym. 2011). Samankaltaisia tuloksia saatiin toisessa tutkimuksessa, jossa kävelyrobotiikan havaittiin tarjoavan lupaavia mahdollisuuksia kävelyharjoitteluun, mutta robotiikan ei koettu tuottavan selkeitä etuja perinteiseen kävelyharjoitteluun verrattuna (Fleerkotte ym. 2014).

Tasapainon ja yleisen toimintakyvyn harjoitteluun kävelyrobotiikan havaittiin olevan yhtä hyvä harjoittelumuoto kuin perinteinen fysioterapia. Kävelyrobotiikan mainitaan kuitenkin olevan arvokas lisä kävelyharjoitteluun. (Santos ym. 2017.) Alaraajojen lihasaktivaation havaittiin olevan heikompi kävelyrobotilla harjoitellessa kävelymattoharjoitteluun verrattuna AVH-potilailla, kun osallistujia ei ohjeistettu erikseen huomioimaan harjoittelussa omien lihasten aktiivista työtä. (Kammen ym. 2017.)

Robottivusteinen kävelyharjoittelu havaittiin turvalliseksi ja käyttökelpoiseksi harjoittelumuodoksi selkäydinvammapotilailla (Baunsgaard ym. 2017, Juszczak ym. 2018 & Fleerkotte ym. 2014). Eksoskeleton-laitteen koettiin olevan lupaava laite AVH-potilaiden kuntoutuksessa (Rojek ym. 2020). Kävelyrobotti mahdollistaa kävelyharjoittelun kuntoutujille, joilla on suuria vaikeuksia kävelyssä (Schwartz ym. 2011). Eräässä tutkimuksessa pohdittiin, että eksoskeleton-laite tulisi ottaa käyttöön mahdollisena vaihtoehtona selkäydinvammapotilaiden kuntoutuksessa (Ekelem & Coldfarb 2018).

Haitallisia vaikutuksia laitteen käytössä ei koettu (Juszczak ym. 2018). Kuitenkin eräässä tutkimuksessa kahdeksan osallistujaa jättäytyi pois nilkan turvotuksen tai iho-ongelmien vuoksi. Nilkan turvotuksen arvioitiin johtuneen laitteen liikakäytöstä, kun osallistujilla oli pitkä aika vammautumisesta ja siten kävelyä. (Baunsgaard ym. 2017). Pieniä ihon ärsytyksiä ja punoituksia raportoitiin myös toisessa tutkimuksessa (Calabro ym. 2018).

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Robottiaivusteinen kävelyharjoittelu paransi kävelykykyyn ja toiminnallisuuteen liittyviä osa-alueita selkäydinvammaa-, aivoverenkiertohäiriötä- sekä Parkinsonia sairastavilla henkilöillä neurologisessa fysioterapiassa. Tuloksia tukee Poukanville (2014a) teksti luvussa 4.3 ja Poukanville (2014b) teksti luvussa 4.4 kävelyrobottikuntoutuksen soveltuvuudesta tietyille kuntoutusryhmille. Harjoittelulla oli positiivisia vaikutuksia myös tasapainoon. Robottiaivusteinen kävelyharjoittelu vähensi kävelyssä tapahtuvia jäätymisepisodeja Parkinson-potilailla, selkäydinvammaa sairastavien spastisuutta sekä ataksian oireita aivoverenkiertohäiriötä sairastavilla henkilöillä. Lisäksi robottiaivusteinen kävelyharjoittelu todettiin turvalliseksi ja käyttökelpoiseksi terapiamuodoksi niin lokomat kuin eksoskeleton-roboteilla. Tutkimuksissa todetun turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden löydöksiä tukee myös Marchal-Crespo & Riener (2018) ja Alho ym. (2018) maininta luvussa 4 harjoittelumuodon hyödyistä.

Yhdessä perinteisen kävelyharjoittelun kanssa kävelyrobotilla kuntoutus on potentiaalinen lisä neurologiseen fysioterapiaan. Kävelyrobottikuntoutus ei tutkimuksien mukaan ollut perinteistä fysioterapiaa parempi kuntoutusmuoto, vaikka monissa tutkimuksissa osa tutkimustuloksista olikin osaltaan hieman parempia. Kokonaisuudessaan robottiaivusteinen kävelyharjoittelu tarjoaa lupaavia ja positiivisia tuloksia SCI-, AVH- ja Parkinson-potilaiden hoidossa. Lisäksi robotiikalla toteutettu kävelyharjoittelu todettiin tärkeäksi osaksi neurologista kuntoutusta.

9 POHDINTA

Teknologia ja ennen kaikkea robotiikka ovat tulevaisuutta myös fysioterapiassa. Tämän lisäksi aiheesta ei ole tehty juurikaan aiempia suomenkielisiä opinnäytetöitä. Teoreettista viitekehystä työstäessä ja tutkimuksia etsiessä huomasimme nopeasti, kuinka vähän kävelyrobotiikasta on tarjolla suomenkielisiä julkaisuja. Tiedonhakua aloittaessa huomasimme nopeasti hakutuloksia rajatessa, että maksullisena kävelyrobotiikasta tehtyjä mielenkiintoisia tutkimuksia löytyisi erittäin paljon. Tavoite oli tuottaa mahdollisimman luotettava, lähdekriittinen ja tarkoituksenmukainen työ ilman lisäkustannuksia. Löysimme riittävän hyviä vertaisarvioituja ja ilmaisia tutkimuksia työhömmme. Mielestämme saimme pätevät vastaukset tutkimuskysymyksiimme ja työn teoreettinen viitekehys sekä empiirinen osa ovat yhteydessä toisiinsa.

Opinnäytetyön tiedonhakuaiheessa päätimme rajata opinnäytetyön aihetta, jotta välttyisimme liian laajaksi muodostuvalta työltä. Päätimme keskittyä Suomessa käytössä olevaan kävelyrobotiikkaan. Alustavaa tiedonhakua suorittaessa havaitsimme, että Lokomat-kävelyrobotteja sekä Indego Eksoskeleton-robotteja on eniten käytössä Suomessa, joten nämä laitteet valikoituivat tarkempaan tarkasteluun työhömmme.

Erilaisia kävelyrobotteja on maailmalla saatavissa paljon erilaisia, joilla kaikilla on pääsääntöisesti sama tavoite – asiakkaan kävelykyvyn harjoittaminen. Työssä käytetyissä tutkimuksissakin havaittiin, kuinka paljon erilaisia Eksoskeleton-laitteita on käytössä jo nyt. Vaikka esimerkiksi Eksoskeleton-kävelyrobottilaitteiden valmistajia on useita, niin ne toimivat pääsääntöisesti samalla periaatteella. Siksi kaikkien tarjolla olevien kävelyrobottimallien käsitteleminen ei palvele toimeksiantajaa tai työn lukijaa. Neurologisten sairauksien osalta esittelimme, mihin kaikkiin sairauksiin kyseisiä kävelyrobottilaitteita voidaan käyttää. Emme paneutuneet tarkemmin tietyn neurologisen sairauden terapiaan.

Työssä käytetyt tutkimukset olivat kohtalaisen erilaisia, vaikka kaikissa olikin käytössä joko Lokomat tai Eksoskeleton. Tutkimuksissa käytetyt menetelmät kuitenkin poikkesivat toisistaan aika paljon ja tutkimuksissa oli kokonaisuudes-

saan käytössä paljon erilaisia mittareita. Osa mittareista ovat selkeästi vakiintuneet käyttöön, kuten TUG, WISCI, 10MWT ja 6MWT (6 minuutin kävelytesti). 10MWT ja 6MWT ovat englanniksi lyhennettyinä hyvin samankaltaisia, sillä on olemassa myös 6 metrin kävelytesti, jota valituissa tutkimuksissa ei tällä kertaa käytetty. Luonnollisesti kunkin tutkimuksen tavoitteen mukaisesti tutkimukseen oli valittu vaadittavat mittarit, jotta haluttuja muutoksia asiakkaan kävelykyvyssä voitaisiin mitata.

Tutkimuksien tuloksien raportointi opinnäytetyöhön aiheutti omat haasteensa ja vaati erityistä tarkkuutta tuloksien ymmärtämisen kannalta. Mielestämme valitut tutkimukset antoivat hyvän kokonaiskuvan kävelyrobotiikan harjoittelukentästä ja sen monista mahdollisuuksista. Monet tutkijat totesivat, kuinka potentiaalinen ja turvallinen harjoittelumuoto kävelyrobotiikka on kävelyharjoittelussa tulevaisuudessa. Fysioterapeuttinen ohjaaminen tulee huomioida myös kävelyrobottiharjoittelua suorittaessa. Alaraajojen lihasaktivaatiota arvioitavassa tutkimuksessa osallistujia ei ohjeistettu aktiiviseen tekemiseen. Tutkimuksessa havaittiin lihasaktivaation olevan vähäinen kävelyrobottiharjoittelulla (Kammen ym 2017). Osaltaan se on saattanut olla merkittävä tekijä tämän tutkimuksen tuloksissa.

Opinnäytetyön teoreettisessa viitekehyksessä emme käsitelleet tarkemmin pystyasentoon liittyviä seikkoja. Lopulta ilmeni, ettei niitä käsitelty myöskään aineistoksemme valikoituneissa tutkimusartikkeleissa. Pystyasento ja sen ylläpitäminen on kuitenkin tärkeä osa-alue ihmisen kykyyn kävellä, jonka huomiointi olisi tärkeää kokonaisuuden kannalta. Monet tutkimuksista kuitenkin vaativat sisäänottokriteereissä osallistujalta kykyä tuottaa riittävää pystyasennon hallintaa. Kävelyrobotit vaativat käyttäjältä tiettyjä kykyjä, jotta harjoittelua on ylipäättään mahdollista tehdä. Todennäköisesti tästä syystä tutkimukset eivät juurikaan käsitelleet pystyasentoa.

9.1 Luotettavuus ja eettisyys

Tieteellistä tutkimusta voidaan pitää eettisesti hyväksyttävänä, jos se on toteutettu hyvän tieteellisen käytännön edellytyksin (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012, 6). Saavuttaaksemme laadukkaan ja luotettavan opinnäytetyö-

prosessin, huomioimme prosessin ajan luotettavuutta ja eettisyyttä. Opinnäytetyön luotettavuuden ja eettisyyden huomioimiseksi noudatimme koko opinnäytetyöprosessin ajan hyviä tieteellisiä käytänteitä, ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettisiä suosituksia sekä Suomen fysioterapeuttien eettisiä ohjeita.

Arene ry:n Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset (2019) ohjeistaa, että opiskelijan tulee noudattaa hyviä tieteellisiä käytänteitä (HTK-ohje) ja olla rehellinen sekä avoin kunnioittaen muiden tutkijoiden töitä. Suosituksessa kerrotaan opinnäytetyöprosessissa huomioitavasta lainsäädännöstä, josta yksi on tekijänoikeuslaki. Kunnioitimme käyttämiemme julkaisujen tekijöitä suositusten ja lain mukaisesti merkitsemällä lähteet huolellisesti ja omaa tekstiä kriittisesti arvioiden, jotta välttyimme tekstin plagioinnilta. Aineiston haussa käytimme luotettavia tiedonlähteitä ja arvioimme kriittisesti valitsemiamme julkaisuja. Suosituksen mukaisesti olemme laatineet opinnäytetyö sopimuksen toimeksiantajamme kanssa.

Noudatimme Xamkin opinnäytetyön raportointi- ja lähdemerkintäohjeita huolellisesti, joka lisäsi osaltaan luotettavuutta. Tutkimuksen luotettavuutta selittää työn validiteetti (pätevyys) ja reliabiliteetti (luotettavuus). Validiteetin avulla kuvataan, onko työssä mitattu työhön tarkoitettuja asioita. Tässä työssä se tarkoittaa onko valitut tutkimukset riittäviä vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Työn validiutta tulee miettiä etukäteen hyvällä suunnitelmalla. Validiteettia ei pystytä havainnoimaan jälkeinpäin. Tutkimuksen reliabiliteetti tarkoittaa sitä, että tutkimuksesta on saatu tarkkoja ja ei-sattumanvaraisia tuloksia. Reliabiliteettia voidaan arvioida mittauksen jälkeen. (Heikkilä 2008, 186.) Aineistomme luotettavuutta huomioimme valitsemalla mahdollisimman tuoreita, enintään 10 vuotta vanhoja tutkimuksia ja valitsemalla tutkimuksia, jotka ovat vertaisarvioitu. Työn läpinäkyvyyttä ja toistettavuutta olemme huomioineet aineiston keruun ja analyysin vaiheita mahdollisimman tarkasti kirjallisesti raportoiden ja taulukoita hyödyntäen. Kanasen (2017, 178) mukaan riittävä dokumentointi on edellytys luotettavuustarkastelussa, jotta työn ratkaisut ovat jäljitettävissä. Myös valintojen perustelut tulee näkyä työssä. (Kananen 2017, 178.)

9.2 Oma oppimisprosessi

Opinnäytetyöprosessi tarjosi paljon uusia haasteita ja uuden oppimista. Prosessi oli kokonaisuudessaan pitkä ja vaati tekijöiltään pitkäjänteisyyttä. Mielinkiintoinen aihe toimi kuitenkin parhaana motivaattorina läpi työn. Lopullisen opinnäytetyön aiheen valinta tapahtui yllättävän helposti, muutaman toimeksiantajan kanssa jaetun ajatuksen jälkeen. Teknologiaosaaminen on osa fysioterapeutin osaamisaluetta. Työ opetti tekijöilleen asiantuntijuutta robottiavusteisen kävelyharjoittelun laitteisiin ja niiden teknologiaan. Työssä käsitellyt robottilaitteet ovat käytössä Suomessa, joten kyseisten laitteiden käytön hallitseminen on eduksi fysioterapeutille tulevaisuudessa.

Opinnäytetyöprosessi (kuva 16) alkoi syksyllä 2019 ideavaiheesta ja idean hyväksymisestä ohjaavien opettajien toimesta.



Kuva 16. Prosessin vaiheet tässä opinnäytetyössä.

Ideavaiheen aikana valmistelimme tiedonhankintaa ja suunnittelimme tutkimusten hakuprosessia. Siirryimme suunnitelmavaiheeseen tammikuussa 2020, jolloin laadimme teoreettisen viitekehyksen ja valitsimme tiedonhaun avulla tutkimukset. Suunnitelmavaiheemme kesti maaliskuun puoleen väliin, jolloin esitimme opinnäytetyömme suunnitelman. Suunnitelman hyväksymisen jälkeen aloitimme tutkimusten lukemisen ja teimme aineiston analyysin. Toteutusvaiheen ajankohta ajoittui maaliskuuhun. Huhtikuun aikana viimeistelimme työn ja valmiin työn esitys ajoittui toukokuulle 2020.

9.3 Jatkotutkimusehdotukset

Koemme robottiaivusteisen kävelykuntoutuksen olevan tärkeä osa neurologista kuntoutusta, joka tulee lisääntymään tulevaisuudessa paljon. Kävelyrobotiikka tulee olemaan tärkeä osa erilaisten asiakasryhmien kuntoutusta. Ehdotammekin jatkotutkimusehdotuksena työtä spesifisti selkäydinvamma-, aivoverenkiertohäiriö- tai Parkinson-potilaiden robottiaivusteisen kävelyharjoittelun hyötyihin tai käyttömahdollisuuksiin. Testihakuja tehdessä silmäilimme useita tutkimuksia, joissa tutkittiin robottiaivusteisen kävelykuntoutuksen vaikutusta lapsilla, joilla on CP-vamma. Lisäksi löytyi paljon tutkimuksia yläraajojen kuntoutusrobotiikasta. Ehdotamme jatkotutkimusehdotukseksi työtä kyseisistä aiheista.

Opinnäytetyön aihetta rajatessa, päätimme keskittyä pääsääntöisesti kävelyrobotiikan hyötyihin asiakkaiden näkökulmasta. Tällöin fysioterapeutin näkökulma kävelyrobotiikan hyödyistä jää osittain pimentoon. Teoreettista viitekehystä tehdessä monissa lähteissä mainittiin hyötyjä robotiikan kanssa työskentelevien fysioterapeuttien näkökulmasta. Esimerkiksi useamman asiakkaan yhtäaikaista harjoittamista, työergonomian parantuminen ja asiakkaan havainnoinnin helpottuminen. Teknologian ja robotiikan kehittyessä sekä yleistyessä tutkimusmäärät lisääntyvät, joka edesauttaa yhä parempien ja kokonaisvaltaisempien tutkimuksien saamista. Ehdotamme haastattelututkimusta kävelyrobotiikan käytettävyydestä fysioterapeuttien näkökulmasta.

LÄHTEET

- Alho, T., Neittaanmäki, P., Hänninen, P. & Tammilehto, O. 2018. Palvelurobotiikka. Jyväskylän yliopisto. Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja No 50/2018. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.jyu.fi/it/fi/tutkimus/julkaisut/tekes-raportteja/tekoaly_ja_palvelurobotiikka.pdf [viitattu 20.1.2020].
- Arene ry. 2019. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. PDF-dokumentti. Saatavissa: www.arene.fi [viitattu 11.3.2020].
- Ashraf, G. 2018. Robotic exoskeletons: The current pros and cons. *World Journal of Orthopedics*. September 18, 9 (9): 112-119.
- Carr, J. & Shepherd, R. 2010. Neurological rehabilitation. Optimizing motor performance. Churchill Livingstone, second edition.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Adobe Digital Editions version [E-kirja]. Tampere: Vastapaino. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/Record/kaakkuri.223596> [viitattu 24.3.2020].
- Eskola, P. 2019. ROBOTTI – tulevaisuuden apuväline? Tukilinja, 6. painos 12/19-01/20. sivut: 8-9.
- Fysioline. 2020a. Indego® Therapy – kuntoutuskäyttöön. WWW-sivusto. Saatavilla: <https://shop.fysioline.fi/collections/indego-therapy-kuntoutuskayttoon> [viitattu 3.1.2020].
- Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. Edita Prima Oy: Helsinki.
- Hocoma. 2020. Lokomat. Saatavissa: <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/#intro> [viitattu 20.2.2020].
- Hocoma s.a. Lokomat ®Pro. Functional Robotic gait therapy. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.intramedic.dk> [viitattu 4.3.2020].
- Hornby, G., Campbell, D., Kahn, J., Demott, T., Moore, J. & Roth, H. 2008. Enhanced Gait Related Improvements After Therapist- Versus Robotic-Assisted Locomotor Training in Subjects with Chronic Stroke. A Randomized Controlled Study. *Stroke*. Vol. 39, No 6/2008, 1786-1792.
- Husemann, B., Friedemann, M., Krewer, C., Heller, S. & Koenig, E. 2007. Effects of Locomotion training with assistance of a Robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke. A randomized controlled pilot study. *Stroke* Vol 38 (2). 349-354.
- Indego Therapy. 2018. Indego Therapy. Parker Hannifin Corporation. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0251/9611/files/Indego_Therapy_Brochure.pdf?243283601581533029 [viitattu 20.2.2020].
- Järviö, S. 2020. Kävelykuntoutuksen mahdollisuudet. Neurolitto. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://kuntoutukseen.fi/tietoa-kuntoutuksesta/asiantuntija-artikkelit/kävelykuntoutuksen-mahdollisuudet/> [viitattu 4.3.2020].

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Adobe Digital Editions version [E-kirja]. Jyväskylä. Saatavissa: <https://www-booky-fi.ezproxy.xamk.fi/lainaa/1155> [viitattu 18.5.2020].

Kangasniemi, M., Utriainen, K., Ahonen, S-M., Pietilä, A-M., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. Hoitotieteen julkaisuja: 25, 291-301.

Kauranen, K. & Nurkka, K. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisilla. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 160. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura ry.

Kulmala, J-P. 2008. Kävelyn biomekaniikka MBT-kengällä, tavallisella kengällä ja paljain jaloin hiekalla. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylä: PDF-dokumentti. Saatavilla: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/19425> [viitattu 8.3.2020].

Lennon, S., Ramdharry, G. & Verheyden, G. 2018. Physical management for Neurological conditions. Physiotherapy essentials. Elsevier. Fourth Edition.

Levine, D., Richards, J. & Whittle, M. 2012. Whittle's Gait Analysis. Fifth Edition.

Liukkonen, I. & Saarikoski, R. 2011. Jalat ja terveys. 1.-3. painos. Helsinki: Hansaprint Oy.

Marchal-Crespo, L. & Riener, R. 2018. Robot-assisted gait training. Teoksessa Colombo, R. & Sanguineti, V. Rehabilitation robotics: Technology and application. eBook Collection (EBSCOhost). London: academic press. 227-240. Saatavissa: <http://web.b.ebscohost.com> [viitattu 20.1.2020].

Marinov, B. 2016. 42 medical exoskeletons into 6 categories. Exoskeleton report. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://exoskeletonreport.com/2016/06/medical-exoskeletons/> [viitattu 10.1.2020].

Mikolajczyk, T., Ciobanu, I., Badea, D., Iliescu, A. Ym. 2018. Advanced technology for gait rehabilitation: An overview. Advanced in Mechanical engineering 10 (7), 1-19.

Moreno, J., Figueiredo, J. & Pons, J. 2018. Exoskeletons for lower-limb rehabilitation. Teoksessa Colombo, R. & Sanguineti, V. Rehabilitation robotics: Technology and application. eBook Collection (EBSCOhost). London: academic press. 89-99. Saatavissa: <http://web.b.ebscohost.com> [viitattu 20.1.2020].

Nordic Health Care Group. 2019. Kuntoutusrobotiikan kustannushyöty AVH-potilaiden kävelykuntoutuksessa. Fysioline. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fysioline.fi> [viitattu 28.12.2019].

Parker Hannifin Corp. 2020a. Indego therapy resources. WWW-sivusto. Saatavissa: <http://www.indego.com/indego/en/Indego-Personal> [viitattu 10.1.2020].

Poukanville. 2014a. Lokomat on uusinta kuntoutusteknologiaa. WWW-sivusto. Saatavissa: <http://terveyskoti.fi/kuntoutusrobotiikka/lokomat/> [viitattu 2.4.2020].

Poukanville. 2014b. Kuntoutus Indego kävelyrobotiikan avulla. WWW-sivusto. Saatavissa: <http://terveyskoti.fi/kuntoutusrobotiikka/indego-kuntoutus/> [viitattu 2.4.2020].

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppisiin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf [viitattu 29.1.2020].

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen. Aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. 1. painos. Lahti: Vk-Kustannus Oy.

Schwartz, I. & Meiner Z. 2015. Robotic-Assisted Gait Training in Neurological Patients: Who may Benefit? *Annals of Biomedical Engineering*, 43 (5), 1260-1269.

Soinila, S., Kaste, M., Somer, H. & Alaranta, H. 2006. Neurologia. 2. uudistettu painos. Helsinki, Duodecim.

Stokes, M. 2004. Physical management in neurological rehabilitation. Elsevier mosby, second edition.

Suomen fysioterapeutit. 2016. Fysioterapeutin ydinosaaminen. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.suomenfysioterapeutit.com/ydinosaaminen/FysioterapeutinYdinosaaminen.pdf> [viitattu: 11.3.2020].

Tefertiller, C., Hays, K., Jones, J., Jayaraman, A., Hartigan, C., Bushnik, T. & Forrest, G. 2018. Initial outcomes from a multicenter study utilizing the Indego powered exoskeleton in spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 24 (1), 78-85.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf [viitattu 15.1.2020].

Toivomäki, A. 2019. Lokomat -kävelyrobotti kuntoutuskäyttöön Turussa Neuropiste OY:ssä. Verve. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://www.verve.fi/ajankohtaista/uutiset/lokomat-kävelyrobotti-kuntoutuskäyttöön-turussa-neuropiste-oyssa.html> [viitattu 9.1.2019].

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällön analyysi. Uudistettu laitos. Helsinki: Kustannus Oy Tammi.

Vainionpää, A., Ahoniemi, E., Koskinen, e., Numminen, H. Ym. 2017. Selkäydinvammaisen hyvä kuntoutuskäytäntö. Kelan tutkimus. Helsinki. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/174142/Tyopapereita112.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 1.2.2020].

Verve. 2019. Lokomat- kävelyrobotti kuntoutuskäyttöön Turussa Neuropiste Oy:ssä. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://www.verve.fi/ajankohtaista/uutiset/2019/06/lokomat-kavelyrobotti-kuntoutuskayttoon-turussa-neuropiste-oyssa.html> [viitattu 4.3.2020].

Xamk. s.a. Savonlinnan kampus. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/xamk/savonlinnan-kampus/> [viitattu 4.3.2020].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kävelyn vaiheet. Tunca, C., Pehlivan, N., Ak, N., Arnrich, B., Gülüstü, S. & Ersoy, C. 2017. Inertial Sensor-Based Robust Gait Analysis in Non-Hospital Settings for Neurological Disorders. Artikkel. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/4/825/htm> [viitattu 5.1.2020].

Kuva 2. Alkukontakti. Winfred, B. S.a. Gait Cycle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://slideplayer.com/user/15423297/> [viitattu 7.3.2020].

Kuva 3. Kuormitusvastevaihe. Winfred, B. S.a. Gait Cycle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://slideplayer.com/user/15423297/> [viitattu 7.3.2020].

Kuva 4. Keskitukivaihe. Winfred, B. S.a. Gait Cycle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://slideplayer.com/user/15423297/> [viitattu 7.3.2020].

Kuva 5. Pääöstukivaihe. Winfred, B. S.a. Gait Cycle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://slideplayer.com/user/15423297/> [viitattu 7.3.2020].

Kuva 6. Esiheilahdus-, alkuheilahdus-, keskiheilahdus- ja loppuheilahdusvaihe. Winfred, B. S.a. Gait Cycle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://slideplayer.com/user/15423297/> [viitattu 7.3.2020].

Kuva 7. Askelvaiheiden aikana aktivoituvat lihakset. Karadsheh, M. 2017. Gait Cycle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.orthobullets.com/foot-and-ankle/7001/gait-cycle> [viitattu 27.1.2020].

Kuva 8. Tekscan. S.a. The Gait Cycle: Phases, Parameters to Evaluate & Technology. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tekscan.com/blog/medical/gait-cycle-phases-parameters-evaluate-technology> [viitattu 6.3.2020].

Kuva 9. Lokomat- kävelyrobotti. Oulunkylän kuntoutuskeskus. 2019. Kävelyrobotiikka ja uutta kuntoutusteknologiaa Oulunkylän kuntoutuskeskuksessa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.okks.fi/tulossa-uutta-syksylla-2019-mm-lokomat-kavelyrobotti/> [viitattu 28.12.2019].

Kuva 10. Lokomat-kävelyrobotin FreeD toiminto. Hocoma. 2020. FreeD Module. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/modules/#FreeD-Module> [viitattu 29.1.2020].

Kuva 11. Tefertiller, C., Hays, K., Jones, J., Jayaraman, A., Hartigan, C., Bushnik, T. & Forrest, G. 2018. Initial outcomes from a multicenter study utilizing the Indego powered exoskeleton in spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 24 (1), 78-85.

Kuva 12. Indego eksoskeleton -laitteen käytön apuna käytetään erilaisia apuvälineitä. Park Hannifin Corp. 2020b. Indego Therapy resources. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.indego.com/indego/en/Indego-Therapy> [viitattu 31.1.2020].

Kuva 13. Laite on mahdollista kuljettaa pienemmissä osissa. Park Hannifin Corp. 2020b. Indego Therapy resources. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.indego.com/indego/en/Indego-Therapy> [viitattu 31.1.2020].

Kuva 14. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen vaiheet. Kangasniemi, M., Utriainen, K., Ahonen, S-M., Pietilä, A-M., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. *Hoitotieteen julkaisuja*: 25, 291-301.

Kuva 15. Teemoitteluesimerkki. Rojek, A., Mika, A., Olesky, L., Stolarczyk, A. & Kielnar, R. 2020. Effects of Exoskeleton gait training on Balance, load distribution, and functional status in stroke: A randomized controlled trial. *Frontiers in Neurology* 10, 1344.

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Kävelyharjoittelussa käytettävät robotit ja niiden ominaisuudet.

Taulukko 2. Tiedonhaun hakukriteerit.

Taulukko 3. Tiedonhakutaulukko.

Taulukko 4. Eksoskeleton tutkimukset.

Taulukko 5. Lokomat tutkimukset.

Liite 1. Tutkimustaulukko

Tutkimuksen bibliografiset tiedot	Tutkimuskohde/tutkimuskysymykset	Otoskoko ja menetelmä	Keskeiset tulokset	Oma kiinnostus opinäytetyön kannalta
<p>Schwartz, I., Sajina, A., Neeb, M., Fisher, I., Katz-Luerer, M. & Meiner, Z. 2011.</p> <p>Locomotor training using a robotic device in patients with subacute spinal cord injury. <i>Spinal cord</i>, 49, 1062-1067.</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida robottiaivusteisen kävelyharjoittelun vaikutuksia Lokomat-laitteella neurologisiin ja toiminnallisiin tuloksiin selkäydinvammapotilailla</p>	<p>Kokeellinen tutkimus.</p> <p>28 selkäydinvammapotilasta tutkittiin 12 viikon ajan. RAGT-ryhmää kuntoutettiin robottilaitteella 2-3 krt/vko 30-45 minuutin ajan. Lisäksi he saivat perinteistä fysioterapiaa 5 krt/vko. Osallistujien tuloksia vertailtiin saman kuntoutuskeskuksen selkäydinvammapotilaiden tuloksiin aikaisemmilta vuosilta.</p> <p>Arviointimenetelmät: AIS-luokitus, SCIM-luokitus, WISCI II ja FAC-luokitus.</p>	<p>Molemmissa ryhmissä oli huomattavaa parannusta FAC-luokituksen ja WISCI II-luokituksen tuloksissa. Ryhmien välisissä tuloksissa ei ollut eroavaisuuksia. SCIM-luokituksen mukaisen toiminnallisissa kyvyissä oli huomattavaa parannusta RAGT-ryhmässä.</p>	<p>Tutkimuksessa on tutkittu Lokomat-laitteen vaikutusta selkäydinvammapotilaan toiminnallisuuteen monipuolisesti erilaisilla arviointimenetelmillä.</p>
<p>Baunsgaard, C., Nissen, U., Brust, A., Frotzler, A., Ribeill, C., Kalke, Y., León, N., Gómez, B., Samuelsson, K., Antepohl, W., Holmström, U., Marklund, N., Glott, T. Ym. 2017.</p> <p>Gait training after spinal cord injury: safety, feasibility and gait function following 8 weeks of training with the exoskeletons from Ekso Bionics. <i>Spinal Cord</i> 56, 106-116.</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena on arvioida eksoskeleton-laitteen turvallisuutta, käytettävyyttä, harjoittelun piirteitä sekä muutoksia kävelyssä henkilöillä, joilla on selkäydinvamma.</p>	<p>Kokeenomainen tutkimus.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 52 selkäydinvammapotilasta, keski-ikältään 35,8v. Naisia 16 ja miehiä 36. Osallistujat harjoittelivat robottiaivusteisella eksoskeletonilla 3 kertaa viikossa kahdeksan viikon ajan. Askellusta ja neurologista toimintaa mitattiin 10-metrin kävelytestillä, Timed Up and Go – testillä, Bering tasapaino testistöllä, Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI) ja Lower extremity Motor Score (LEMS).</p>	<p>Eksoskeleton-laitteella tehty harjoittelu todettiin yleisesti turvalliseksi ja käytännölliseksi harjoitteluvälineeksi. Tuloksissa ilmeni kävelyrobotilla olevan lupaavia hyötyjä kävelykykyyn ja tasapainoon.</p>	<p>Eksoskeletonilla tehty harjoittelu antaa lupaavia tuloksia jatkoon kannalta, niin turvallisuuden ja käytettävyyden kuin tasapainon ja askelluksen parantumisen kannalta. Tutkimus vastaa omalta osaltaan tutkimuskysymykseen, arvioiden hyötyjä robottiaivusteisesta kävelyharjoittelusta neurologisella kuntoutujalla.</p>

<p>Calabrò, R., Naro, A., Russo, M., Bramanti, P., Carioti, L., Balletta, T., Buda, A., Manuli, A., Filoni, A. & Bramanti, A. 2018.</p> <p>Shaping neuroplasticity by using powered exoskeletons in patients with stroke: a randomized clinical trial. <i>Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation</i> 15 (35).</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida, onko eksooskeleton hyödyllinen laite parantamaan toiminnallista liikkumiskykyä ja kävelykykyä AVH-potilailla verrattuna perinteiseen fysioterapiaan.</p>	<p>Satunnaistettu kliininen tutkimus.</p> <p>Tutkimuksessa tutkittiin 40 AVH-potilasta 8 viikon ajan. Potilaat jaettiin kahteen ryhmään, jossa toinen sai robottikuntoutusta ja toinen perinteistä fysioterapiaa.</p> <p>Arviointimenetelmät: 10 metrin kävelytesti, askelsykli, alaraajojen lihasaktivaatio, FPEC, CSE, SMI.</p>	<p>Huomattavia vaikutuksia löytyi robottikuntoutusryhmästä useasta eri arviointimenetelmästä. Robottiaivusteinen kävelykuntoutus on tutkimuksen mukaan lupaava kuntoutusmuoto kävelykuntoutuksessa.</p>	<p>Tutkimus käsitteli robottikuntoutuksen ja perinteisen kävelyharjoittelun eroavaisuuksia, joka käsittelee opinnäytetyömme tutkimuskysymystä.</p>
<p>Lo, A., Chang, V., Gianfrancesco, M., Friedman, J., Patterson, T. & Benedicto D. 2010.</p> <p>Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: a pilot study. <i>Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation</i> 7 (51).</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia robottiaivusteisen kävelyharjoittelun (Lokomat) vaikutusta kävelyn jäätymisepisodien vähentymiseen ja kävelyn paranemiseen Parkinson tauti (PT) -potilailla.</p>	<p>Pilottitutkimus, jossa tutkittiin 4 PT-potilasta viiden viikon ajan. Potilaat saivat kymmenen 30 minuutin terapiakertaa Lokomat-robotilla. Arviointimenetelmät: FOG-Q kysely, kaatumispäiväkirja, asiantuntijan arvioima video & PDQ-39</p>	<p>Jokaisen osallistujan kävelyn jähmettyminen väheni potilaiden omasta mielestä sekä kliinisten tutkimusten tulosten mukaan. Myös kävelynopeudessa, askelpituudessa, rytmisyydessä sekä koordinaatiossa havaittiin parannusta.</p>	<p>Tutkimuksessa on tutkittu ja arvioitu kävelyn liittyviä ominaisuuksia Lokomat-robotilla. Aihe liittyy opinnäytetyömme aiheeseen.</p>

<p>Fleerkotte, B., Koopman, B., Buurke, J., Asseldonk, E., Kooij, H. & Rietman, J. 2014.</p> <p>The effect of impedance-controlled robotic gait training on walking ability and quality in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: an explorative study. <i>Journal of NeuroEngineering and rehabilitation</i> 11 (26).</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena on arvioida robottiaivusteisen kävelyharjoittelun vaikutusta kävelykykyyn ja kävelyn laatuun henkilöillä, joiden selkäydinvamma on kroonistunut.</p>	<p>Koe-tutkimus, johon osallistui 10 krooniseen selkäydinvammaan sairastunutta henkilöä. Tutkittavat harjoittelivat 3 kertaa viikossa 8 viikon ajan. Osallistujat käyttivät LOPES (Lower extremity Powered ExoSkeleton) -nimistä robottiaivusteista kävelylaitetta. Osallistujia mitattiin 10-metrin kävelytestillä (10MWT), Selkäydinvamman kävelyindeksillä (WISCI II), 6-metrin kävelytestillä (6MWT), Timed up and Go (TUG) ja alaraajojen motoriikan pisteytyksellä (LEMS).</p> <p>Osallistujat testattiin ennen tutkimusjaksoa, sen aikana ja sen jälkeen.</p>	<p>Osallistujilla havaittiin merkittävää kehitystä kävely nopeudessa, matkassa, Timed up and Go-testissä ja alaraajojen motoriikan pisteissä.</p>	<p>Tutkimus käyttää mittausmenetelmänä laajasti fysioterapiassa käytössä olevia, luotettavia testistöjä, kuten 10 – ja 6-metrin kävelytestit. Lisäksi tutkimus käsittelee ONT:n kannalta keskeisiä asioita ja antaa vastauksia tutkimuskysymyksiin.</p>
<p>Santos, M., Oliveira, C., Santos, A., Pires, C., Dylewski, V. & Arida, R. 2018.</p> <p>A Comparative Study of Conventional Physiotherapy versus Robot-Assisted Gait Training Associated to Physiotherapy in Individuals with Ataxia after Stroke. <i>Behavioural Neurology</i> 1, 1-6.</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena on arvioida RAGT:n vaikutusta osallistujien tasapainoon, koordinaatioon ja päivittäisiin toimintoihin.</p> <p>Osallistujat ovat sairastuneet kroonistuneeseen aivohalvaukseen, jonka seurauksena heillä on myös ataksia.</p>	<p>Satunnaistutkimus. 19 osallistujaa jaettiin kahteen ryhmään. Toinen ryhmä harjoiteli terapeuttiaivustetusti kävelyharjoittelua (TAGT) ja toinen ryhmä kävelyrobottiaivusteisesti (RAGT) Lokomat laitteella. Molemmat ryhmät harjoittelivat 3 kertaa viikossa 60 minuutin ajan. Harjoittelujakso kesti 5 kuukautta.</p> <p>Osallistujat testattiin ennen ja jälkeen harjoittelujakson. Testeinä käytettiin BBS, TUG, FIM ja SARA -testistöjä.</p>	<p>Osallistujilla havaittiin merkittävää kehitystä molemmissa ryhmissä. Tasapaino, funktionaalinen itsenäisyys parani ja yleisesti ataksian oireet helpottivat. Sen sijaan merkittäviä eroavuuksia ei havaittu TAGT ja RAGT harjoittelumuotojen välillä.</p>	<p>Tutkimus käsittelee keskeisiä asioita opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin liittyen. Tavallisen fysioterapeutin avusteisen harjoittelun ja robottiaivusteisen harjoittelun vertailu on erittäin kiinnostava aihe.</p>

<p>Rojek, A., Mika, A., Olesky, L., Stolarczyk, A. & Kielnar, R. 2020.</p> <p>Effects of Exoskeleton gait training on Balance, load distribution, and functional status in stroke: A randomized controlled trial. <i>Frontiers in Neurology</i> 10, 1344.</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena on arvioida, Ekso GT, eksoskeleto-nilla tapahtuvan kävelyharjoitte-lun vaikutuksia tasapainoon, painonjakautumiseen ja toimin-takykyyn henkilöillä, joilla on ai-voerenkiertohäiriö (AVH).</p>	<p>Satunnaistutkimus.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 44 hen-kilöä (55-88v), jotka ovat sairas-taneet AVH:n aikaisemmin. Osallistujat jaettiin kahteen ryh-mään, toinen harjoitteli Ekso GT eksoskeleto-nilla ja toinen ryhmä tavallisen fysioterapian keinoin. Harjoittelujakso kesti 4 viikkoa ja osallistujat testattiin ennen ja jälkeen käyttämällä Barthel Indexiä ja Rovermead Mobility Indexiä.</p>	<p>Molemmat tutkimusryhmät pa-ransivat tuloksia mitatuilla osa-alueilla. Ekso GT eksoskeleto-nilla harjoittelut tutkimusryhmä paransi tuloksiaan useam-massa kategoriassa. Näin ollen eksoskeleto-nilla tehty harjoittelu antoi viittauksia kokonaisvaltai-semmasta kuntoutuksesta.</p>	<p>Tutkimuksessa käytetty mene-telmä arvioida tavallisen fysio-te-rapian keinoin ja eksoskeleto-nilla tehdyn harjoittelun vaikut-taa luotettavalta ja lupaavalta. Otanta oli suuri ja käytetyt mit-tausmenetelmät ovat fysiotera-piassa laajalti käytössä olevia ja luotettaviksi todettuja. Tutkimus käsittelee hyvin tutki-muskysymyksien luomaa asetelmaa.</p>
<p>Juszczak, M., Gallo E. & Bush-nik, T. 2018.</p> <p>Examining the Effects of a Pow-ered Exoskeleton on Quality of Life and Secondary Impair-ments in People Living with Spi-nal Cord Injury. <i>Topics in Spinal Cord injury rehabilitation</i> 24(4).</p>	<p>Tutkimuksen tarkoitus oli tutkia selkäydinvammapotilaiden ter-veydentilan muutoksia eksoske-leton-robotin käytön aikana, sekä käytön mahdollisia vaiku-tuksia elämänlaatuun.</p>	<p>Kliininen tutkimus, jossa tutkit-tiin 45 selkäydinvammapotilasta 8 viikon ajan. Potilaat harjoittel-i-vat eksoskeleto-nilla yhteensä 26 kertaa. Arviointimenetelmät: itsearviointina kivun arviointi, spastisiteetti, rakon/suolen toi-minta, SWLS & MAS.</p>	<p>Osallistujat ilmoittivat spastisuu-den vähenevän huomattavasti tutkimuksen päätteeksi. Kipu ei ollut vähentynyt huomattavasti. Osallistujat eivät ilmoittaneet erityistä muutosta elämänlaa-tuun.</p>	<p>Tutkimuksessa on tutkittu laaja-alaisesti eksoskeleto-nin käyttöä neurologisten potilaiden kanssa. Tutkimuksen tulokset tuovat tärkeän näkökulman opinnäytetyöhön.</p>
<p>Kammen, K., Boonstra, A., Van der Woude, L., Reinders-Mes-selink, H. & Otter, R. 2017.</p> <p>Differences in muscle activity and temporal step parameters between Lokomat guided walk-ing and treadmill walking in post-stroke hemiparetic patients and healthy walkers. <i>Journal of NeuroEngineering and Rehabil-itation</i> (2017) 14:32</p>	<p>Tutkimuksen tarkoitus oli arvi-oida miten Lokomat kävelyhar-joittelu vaikuttaa lihasaktivaati-oon AVH-kuntoutujilla ja miten nämä vaikutukset eroavat poti-laiden ja terveiden kävelijöiden välillä. Tarkoituksena oli myös selvittää, miten potilaiden lihak-sen toiminnan poikkeavuudet muuttuvat Lokomatin ohjaaman kävelyn avulla. Lokomat-harjoi-telua verrattiin kävelymattohar-joitteluun.</p>	<p>Tutkimuksessa tutkittiin 10 he-mipareettissa AVH-potilasta ja 10 tervettä kävelijää. Arviointi-menetelmät: Lihasaktivaation tarkkailu EMG:n avulla, pai-neanturit jalkineissa, varianssi-analyysi ryhmien välillä.</p>	<p>Lokomatilla ohjattu kuntoutus vähensi kuntoutujan lihasakti-vaatiota verrattuna perinteiseen fysioterapiaan.</p>	<p>Tutkimus käsitteli kävelyn ai-kana tapahtuvaa lihasaktivaatiota lokomat-laitteella.</p>

<p>Ekelem A. & Goldfarb M. 2018.</p> <p>Supplemental Stimulation Improves Swing Phase Kinematics During Exoskeleton Assisted Gait of SCI Subjects With Severe Muscle Spasticity. <i>Journal Frontiers in Neuroscience</i>, 12.</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida alaraajojen lihasspastisuuden muutosta eksoskeleto-nilla tehdyn kävelyharjoittelun avulla</p>	<p>Tutkimukseen osallistui kaksi henkilöä, joilla on selkäydin-vammasta johtuvaa alaraajan ekstensoreiden spastisuutta. Kävelyrobotina tutkimuksessa käytettiin Indego Eksoskele-tonia.</p>	<p>Molemmilla tutkimuskohteilla eksoskeleto-nilla avustettu kä-vely parani merkittävästi, kun peroneushermoa stimuloitiin kä-velyn heilahdusvaiheessa.</p>	<p>Eksoskeleto-nin avulla tehty kä-velyharjoittelu mahdollistaa kä-velyntuottamisen hyvinkin vai-keissa tapauksissa, kuten tutki-muksessa käytetyt tutkimuskoh-teet olivat. Ilman ulkoista käve-lyrobotiikkaa kävelyharjoittelu olisi hyvin vaikeaa ja tarvitsisi jopa useamman terapeutin avustuksen.</p>
<p>RAGT: Robot assisted gait training, TAGT: therapy assisted gait training, AIS: ASIA impairment scale, SCIM: spinal cord independence measure, WISCI II: walking index for spinal cord injury, FAC: functional ambulation category, AVH: aivoverenkiertohäiriö, FPEC: frontoparietal effective connectivity, CSE: cortico-spinal excitability, SMI: sensory-motor integration, PT: Parkinsonin tauti, FOG-Q: freezing of gait questionnaire, PDQ-39: Parkinson's disease questionnaire-39, SWLS: satisfaction with life scale, MAS: modified ashworth scale, EMS: electromedicalsystem, 10MWT: 10 meter walking test, 6MWT, 6 minute walking test LEMS: Lower extremity motor scale, BBS: Bergin balance scale, TUG: Timed up & go, LOPES: Lower extremity powered exoskeleton, FIM: functional independence measure, SARA: scale for assessment and rating of ataxia.</p>				

Liite 2. Aineiston analyysi: Teemoittelu

Tutkimus	Kävelyrobotti ja sen ominaisuudet neurologisessa fysioterapiassa	Kävelyn liittyvät hyödyt	Robottiavusteisen ja perinteisen fysioterapian vertailu
Schwartz ym. 2011	Tutkimusvälineenä Lokomat-robotti. Robottiavusteinen kävelyharjoittelu (RAGT) on tärkeä lisä kuntoutuksessa parantamaan toiminnallisia tavoitteita selkäydinvammapotilailla.	Kaikki tulokset, etenkin motoriset ja liikumiskyvyn osa-alueet SCIM:issä paraniivat. Parannusta tapahtui itsenäisessä kävelykyvyssä.	Robottiavusteisen kävelyharjoittelun hyöty ei ole huomattavasti suurempi perinteiseen kävelyharjoitteluun verrattuna.
Santos ym. 2018	Tutkimusvälineenä Lokomat-robotti. RAGT-harjoittelua tulisi hyödyntää muiden harjoittelumuotojen lisäksi kuntoutuksessa potilaiden kanssa, joilla esiintyy ataksiaa.	Ataksian oireet vähenivät ja tasapaino, yleinen toimintakyky paranivat.	Robottiavusteisen kävelyharjoittelun hyöty ei ole huomattavasti suurempi perinteiseen kävelyharjoitteluun verrattuna.
Lo ym. 2010	Tutkimusvälineenä Lokomat-robotti. RAGT on lupaava harjoittelumuoto Parkinson potilaiden kuntoutuksessa.	Jäätymisepisodien raportoitiin vähentyneen. Kävelynopeus ja askelpituus paraniivat, mutta kävelyn symmetrisyys pysyi ennallaan.	
Kammen ym. 2017	Tutkimusvälineenä Lokomat-robotti. Lokomat-laitteella suoritettussa harjoittelussa tulisi huomioida mahdollinen lihasaktivaatiota vähentävä vaikutus, kun harkitaan harjoittelumuotoja.	Lokomatilla harjoittelu vähensi lihasaktivaatiota osassa alaraajojen lihaksia, mutta vähensi epäsymmetrisyyttä kävelyssä.	Lokomatilla harjoittelu yhdistettiin lihasten aktivaatiota alentavaksi harjoitteluksi verrattuna juoksumatolla suoritettuun harjoitteluun.

Fleerkotte ym. 2014	Tutkimusvälineenä Eksoskeleton. Eksoskeleton on käyttökelpoinen laite kävelynharjoitteluun selkäydinvammapotilailla.	Merkittävää kehitystä kävelykyvyssä (kävelynopeus ja kävelymatka) ja lihasvoiman kasvussa. Etenkin lonkkanivelen liikelaaajuus parani.	
Baunsgaard ym. 2017	Tutkimusvälineenä Ekso Bionics-robotti. RAGT on turvallinen ja käyttökelpoinen harjoittelumuoto selkäydinvammapotilailla ja sitä pystyy käyttämään pidemmän aikaa.	Pystyasennossa oloaika, kävelyaika ja askelmäärät lisääntyivät huomattavasti. Kävelykyky parani yksilöllisesti jokaisella osallistujalla. Myös tasapainossa oli havaittu kehittymistä.	
Calabrò ym. 2018	Tutkimusvälineenä Ekso-robotti. RAGT koettiin hyödylliseksi laitteeksi liikkuvuuden harjoitteluun AVH-kuntoutujilla vaikuttaen aivojen neuroplastisuuteen.	Askelsyklin kesto lyhenyi ja kävelyn laadun indeksi parani. RAGT-harjoittelu vaikutti positiivisesti kävelyyh, erityisesti kävelyn päätetukivaiheeseen.	Ryhmien välillä ei koettu huomattavia eroavaisuuksia tuloksissa. Kuitenkin RAGT-ryhmä osallistujien 10MWT, RMI ja TUG tulokset paransivat enemmän verrattuna perinteiseen kävelyharjoitteluun.
Rojek ym. 2020	Tutkimusvälineen Ekso GT-robotti. Eksoskeleton saattaa olla lupaava laite aivoverenkiertohäiriöpotilaiden kuntoutuksessa.	Tasapaino ja toimintakyky paranivat huomattavasti useassa kategoriassa.	RAGT-harjoittelu ja perinteinen kävelyharjoittelu parantavat toimintakykyä, mutta Eksoskeleton-harjoittelu saattaa olla tehokkaampi harjoittelumuoto potilaiden toimintakykyyn.
Juszczak ym. 2018	Tutkimusvälineenä Indego Eksoskeleton-robotti. Laitteen käytössä ei koettu haitallisia vaikutuksia ja laite on turvallinen. Laite mahdollistaa liikkumisen pystyasennossa.	Spastisuus koettiin vähentyneen ja sisällä kävellessä havaitun rasituksen määrä väheni.	
Ekelem & Goldfarb 2018	Tutkimusvälineenä Indego Eksoskeleton-robotti. Eksoskeletonia tulisi käyttää mahdollisena vaihtoehtona selkäydinvammapotilaiden kuntoutuksessa.	Kävelyn osa-alueista kehittyi etenkin lonkan ja polven liikelaaajuudet, sekä askelpituus piteni. Eksoskeletonin moottorien tuottamaa voimaa vähennettiin harjoittelun aikana.	